И. И. ДУДИЧ



ПРОСТЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ



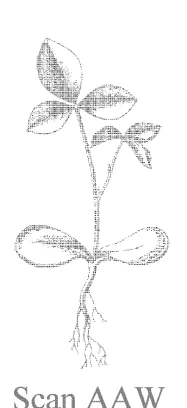


МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 751

И. И. ДУДИЧ

ПРОСТЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ





«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1970

Дудич И. И.

Д81 Простые измерительные приборы. М., «Энергия», 1970.

72 с. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 751).

Приведены описания схем и конструкций измерительных приборов, применяемых в радиолюбительской практике.

Предназначена для широкого круга радиолюбителей.

3-4-5 / 351-69

6Ф2.08

ИСПЫТАТЕЛЬ МАЛОМОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Назначение и характеристики прибора. Этот прибор предназначен для измерения статического коэффициента усиления транзистора по току, обратного тока коллекторного перехода начального тока коллектора при короткозамкнутых выводах базы и эмиттера, определения граничной частоты генерирования, а также наличия обрыва или замыкания между электродами маломощных транзисторов типа *p-n-p* или *n-p-n*.

Прибор собран на базе стрелочного индикатора магнитоэлектрической системы типа М-265, полное отклонение стрелки которого достигается при токе 50 *мка*. Питание прибора осуществляется от одной батареи карманного фонаря типа КБС-Л-0,5 напряжением 4,5 *в*. При эксплуатации прибора в стационарных условиях его можно питать от сети переменного тока, изготовив для этого низковольтный стабилизированный выпрямитель.

Прибор позволяет измерять статический коэффициент усиления транзистора по току в пределах 0—200, начальный ток коллектора и обратный ток коллекторного перехода в пределах 0—50 *мка*. Граничная частота генерирования измеряется в пределах от 150 *кгц* до 30 *Мгц* в зависимости от применяемых контурных катушек. При определенном навыке в работе с прибором его можно использовать как высокочастотный генератор, а также для проверки годности полупроводниковых диодов.

Схема и принцип работы прибора. Принцип работы и взаимодействие отдельных узлов прибора видны из принципиальной схемы, изображенной на рис. 1.

Выбор трехточечной схемы с общим эмиттером для проверки высокочастотных свойств транзисторов обусловлен тем, что в режиме генерирования такая схема дает возможность легко добиться самовозбуждения, не меняя ее параметров при испытании практически любого типа транзистора. Это позволяет использовать одни и те же элементы схемы при различных видах испытаний

Усилительные свойства транзистора проверяются по наиболее распространенной схеме с общим эмиттером. При этом коэффициент усиления определяется по значениям приращения тока коллектора $\Delta I_к$ и тока базы $\Delta I_б$.

Статический коэффициент усиления по току равен:

$$B_{ст}=\frac{I_к - I_{к.о}}{I_б - I_{к.о}} \approx \frac{I_к}{I_б},$$

где $I_к$ и $I_б$ — токи коллектора и базы;
$I_{к.о}$ — обратный ток коллектора.

В нашем случае измеряется коэффициент усиления по току

$$\beta = \frac{\Delta I_к}{\Delta I_б} = \frac{I_к - I_к^0}{I_б - I_б^0},$$

где $I_к^0$ и $I_б^0$ — начальные токи коллектора и базы, соответствующие нулю шкалы.

Так как $I_к^0 \ll I_к$, а $I_б^0 \ll I_б$, то

$$\beta = \frac{\Delta I_к}{\Delta I_б} \approx \frac{I_к}{I_б} \approx B_{ст}.$$

Некоторое падение напряжения в цепи питания при такой схеме включения не оказывает существенного влияния на работу прибора. При высокочастотных испытаниях можно добиться генерирования даже при пониженном напряжении питающей батареи, а возможность калибровки прибора при измерении статического коэффициента усиления по току позволяет определить измеряемую величину с достаточной точностью без внесения дополнительных погрешностей, происходящих при изменении напряжения источника питания.

Так как введение калибровочного переменного резистора в цепь измерителя (при параллельном его соединении, как это сделано в данном случае) несколько уменьшает чувствительность включенного в коллекторную цепь индикатора, то при расчете сопротивления шунта необходимо выбрать такую величину $R_б$, которая

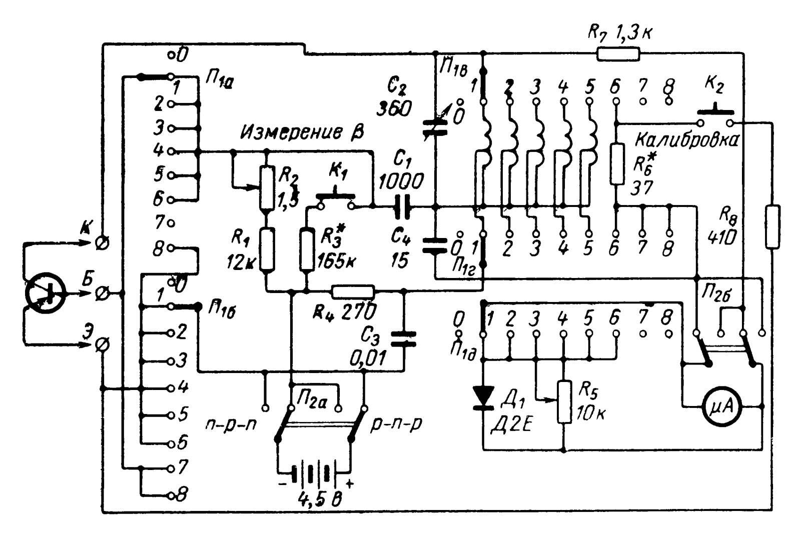


Рис. 1. Принципиальная схема испытателя маломощных транзисторов.

обеспечила бы возможность регулировки тока измерительной системы в пределах 4—6 *ма*. Суммарное сопротивление резисторов R_4, R_6 и R_7 должно быть равно 750 *ом*. При таком сопротивлении по цепи протекает ток 6 *ма* при напряжении 4,5 *в* (с учетом введения в цепь индикатора калибровочного переменного резистора).

Величины этих сопротивлений следует подбирать весьма тщательно, так как от их значения зависит эффективность работы системы калибровки прибора при измерениях β.

Как известно, максимальная частота генерирования $f_{макс}$ — это то значение частоты, выше которого транзистор не может дать полезного усиления мощности. Значение $f_{макс}$ для большинства транзисторов определяется выражением

$$f_{макс} = \sqrt{\frac{f_\alpha \alpha_0}{30\, r'_б C_к}},$$

где f_α — предельная частота усиления тока в схеме с общей базой, *Мгц*;

$r_б$ — распределенное сопротивление базы, *ом*;

$C_к$ — емкость коллекторного перехода, *пф*;

α_0 — коэффициент усиления по току транзистора в схеме с общей базой.

Ввиду того, что в схеме (рис. 2) выбран менее выгодный режим по высокой частоте, транзистор, проверенный на приборе, будет работать при любом способе включения. Это объясняется тем, что предельная частота генерирования для транзисторов, работающих в схеме с общим эмиттером, ниже, чем для тех же транзисторов, работающих в схеме с общей базой, т. е.

$$f_\beta \approx 0,8\,(1 - \alpha_0)\, f_\alpha.$$

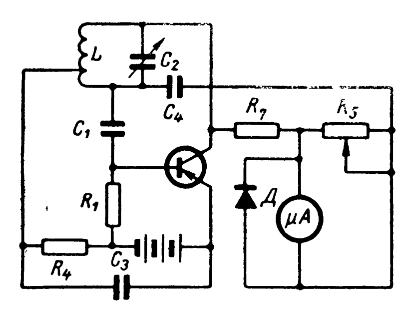


Рис. 2. Схема включения в режиме генерации.

Указанный метод включения транзистора при высокочастотных испытаниях транзисторов оправдан и тем, что по аналогичной схеме работает большинство гетеродинов в вещательных приемниках, а схема с общим эмиттером является более распространенной в радиолюбительской практике. Таким образом, методика испытания транзисторов близка к реальным условиям его эксплуатации. Возможность регулировки тока базы позволяет установить оптимальный режим работы транзистора, обеспечивающий максимальное усиление данного типа транзистора в широком диапазоне частот.

Прибор может быть использован при подборе идентичных транзисторов по основным его параметрам, в том числе и высокочастотным.

В качестве калибровочного резистора и резистора для установки нуля шкалы β применены переменные резисторы типа СП

соответствующих номиналов. Для того чтобы не увеличивать размеров корпуса прибора, следует подобрать малогабаритные кнопки. Переключателем полярности источника питания и стрелочного индикатора служит малогабаритный телефонный переключатель $П_2$. Конденсатор настройки следует применить с воздушным диэлектриком.

Во избежание выхода испытуемого транзистора из строя, а также для достижения более высокой точности показаний прибора при измерениях $B_{ст}$ с помощью переменного резистора R_2 на базу транзистора подается некоторое напряжение, а прирост тока базы

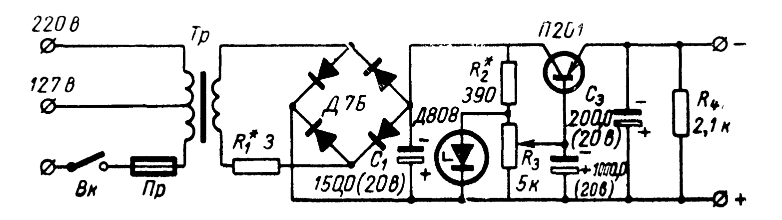


Рис. 3 Схема стабилизированного источника питания.

достигается включением резистора R_3 при помощи кнопки K_1. Резисторы R_4 и R_7 — ограничительные.

Обратный ток коллектора и начальный ток коллекторного перехода измеряются с помощью микроамперметра с предельным током отклонения стрелки 50 *мка*, так как обратный ток коллекторного перехода не должен превышать 10—15 *мка*, а начальный ток коллектора 20—30 *мка*. Большое значение обратного тока коллекторного перехода свидетельствует о плохом качестве транзистора.

Прибор питается от батарей, но для его работы в стационарных условиях желательно изготовить стабилизированный выпрямитель, схема которого изображена на рис. 3.

Конструкция и настройка прибора. Прибор собран из стандартных деталей, а немногие самодельные детали следует изготовить следующим образом. Контурные катушки наматывают на каркасы из гетинакса диаметром 10 *мм*, внутри которых находятся подстроечные ферритовые сердечники. Катушка L_1 содержит 520 витков провода ПЭЛШО или литцендрата толщиной 0,1 *мм* с отводом от 147 витка; катушка L_2 содержит 315 витков провода ПЭЛШО 0,18 с отводом от 82 витка; катушка L_3 — 120 витков провода ПЭ 0,26 с отводом от 34 витка; L_4 — 18 витков провода ПЭ 0,6 с отводом от 5 витка; L_5 — 9 витков провода ПЭ 0,8 с отводом от 3,5 витка. Внешний вид прибора показан на рис. 4 Прибор помещен в небольшой металлический корпус, на лицевую панель которого выведены все органы управления и стрелочный индикатор. Выпрямитель можно разместить в корпусе прибора или изготовить для него отдельную коробку.

Настройка прибора заключается в дополнительной подгонке сопротивлений шунта R_6, калибровочного резистора R_8 и резистора R_3, с помощью которого достигается прирост тока базы. Эти сопротивления следует подбирать особенно тщательно.

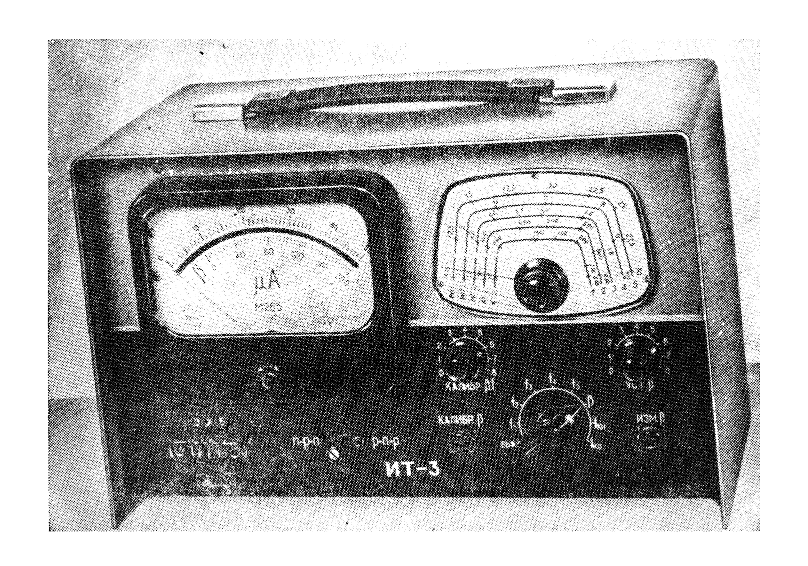


Рис. 4. Внешний вид испытателя маломощных транзисторов.

После наладки системы калибровки проверяют работоспособность прибора при измерениях коэффициента усиления транзистора по току, обратного тока коллекторного перехода и начального тока коллектора. Для этого сначала проверяют несколько экземпляров транзисторов на фабричном приборе, а после сверяют показания. При необходимости можно несколько изменить сопротивление резистора R_3 для того, чтобы достичь идентичности показаний прибора при измерениях.

Учитывая то обстоятельство, что при высокочастотных испытаниях прибор работает как высокочастотный генератор, необходимо очень тщательно выполнить монтаж, избегать длинных соединений, такие элементы схемы, как конденсатор настройки, переключатель и контурные катушки, необходимо сосредоточить в одном месте.

Градуировать шкалу прибора при измерении граничной частоты генерации удобно, воспользовавшись для этого гетеродинным волномером. Если же его нет, то прибор можно проградуировать при помощи хорошо настроенного приемника. Высокочастотные выводы прибора (с коллектора испытуемого транзистора через конденсатор) необходимо присоединить ко входным гнездам приемника «А» и «З» (антенна и шасси). Естественно, что при проведении настроечных работ с целью обеспечения возможности генерирования в широком диапазоне частот следует применять заведомо исправный высокочастотный транзистор, чтобы можно было проградуировать шкалы всех поддиапазонов.

Правила измерений. Измерение коэффициента усиления транзистора по току. Упрощенная схема измерения коэффициента В приведена на рис. 5. При измерении коэффициента усиления переключатель рода работ ставят в положение β,

а переключатель $П_2$ — соответственно типу испытуемого транзистора (*p-n-p* или *n-p-n*). При нажатой кнопке «Калибровка» с помощью переменного резистора R_5 добиваются полного отклонения стрелки индикатора. Калибровочный реостат при этом подключен к индикатору. После этого подсоединяют транзистор к соответствующим зажимам и вращением ручки переменного резистора R_2 устанавливают нуль шкалы β. Нажатием кнопки «Измерение β» достигается прирост тока базы, при этом измерительный прибор, шкала которого проградуирована непосредственно в единицах В (0—200), покажет величину коэффициента усиления, вполне допустимую для практических целей.

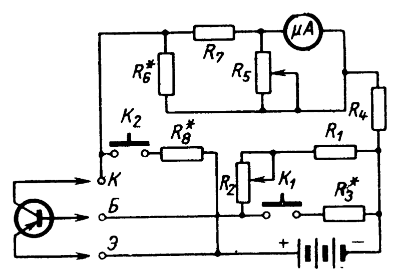


Рис. 5. Упрощенная схема измерения β.

Измерение обратного тока коллекторного перехода и начального тока коллектора. Упрощенная схема измерения обратного и начального токов коллекторного перехода изображена на рис. 6,*а* и *б*. Чтобы измерить обратный ток коллектора, необходимо поставить переключатель рода работ в положение $I_{к\,о}$ и отсчитать измеряемую величину непосредственно по шкале прибора. Аналогично измеряется начальный ток коллектора. Переключатель рода работ ставят в положение $I_{к\,н}$, при этом схема будет скоммутирована так, что в цепь коллектора включается измерительный прибор, а выводы базы и эмиттера будут закорочены, реостат калибровки при этом отключен Степень точности показаний прибора зависит от класса точности индикатора

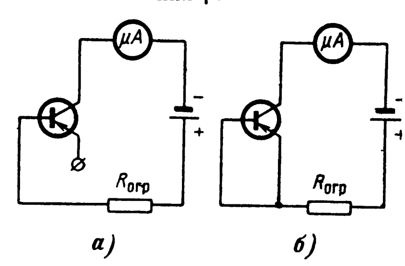


Рис. 6. Упрощенные схемы измерений

а — обратного тока коллекторного перехода; *б* — начального тока коллектора.

Определение максимальной частоты генерирования. Поставить переключатель рода работ в положение, соответствующее диапазону более низких частот. Поворотом ручки переменного резистора R_2 добиться возникновения генерирования. Интенсивность высокочастотных колебаний фиксируется индикатором, снабженным детекторным устройством.

Схема, соответствующая этому виду измерений, изображена на рис. 2. Чувствительность индикатора на высокой частоте регулируют переменным резистором R_5, которым выполняют калибровку при измерении β. Поворотом ручек переменного конденсатора и переключателя поддиапазонов частот добиваются срыва колебаний. Об отсутствии высокочастотных колебаний будет свидетельствовать то, что стрелка индикатора перестанет отклоняться. Частота срыва колебаний является максимальной частотой генерирования в схеме с общим эмиттером.

ПРИБОР ДЛЯ ПРОВЕРКИ МОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Назначение и характеристики прибора. Мощные транзисторы находят свое применение в различных схемах радиоустройств и все шире применяются в радиолюбительской практике, например при изготовлении различных преобразователей напряжения, в мощных усилительных каскадах, в системах автоматики и регулирования. Для того чтобы обеспечить безотказную работу этих устройств, необходимо проверять параметры транзисторов перед тем, как включить их в схему. Кроме того, весьма часто необходимо подобрать транзисторы с идентичными параметрами для того, чтобы использовать их в мощном усилителе с двухтактным выходом.

Для таких измерений необходимо иметь хотя бы простейшее устройство, при помощи которого было бы возможно проверять пригодность мощных транзисторов и определять их усилительные свойства. Из различных вариантов схем приборов такого типа радиолюбители отдают предпочтение тем приборам, изготовление которых не представляет значительных трудностей, а детали, на которых они собраны, общедоступны. Описанный прибор удовлетворяет этим требованиям, а простота схемы и малое количество применяемых деталей делают его доступным для изготовления широкому кругу радиолюбителей независимо от степени подготовки. С помощью прибора можно измерять статический коэффициент усиления транзисторов по току, обратный и начальный токи коллектора транзисторов типа П3, П4, П201, П203, П210, П216 и других мощных транзисторов.

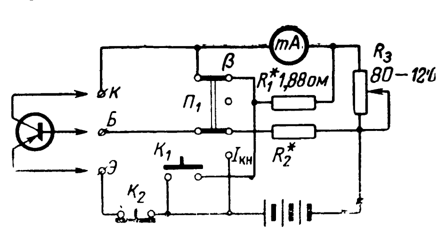


Рис. 7. Принципиальная схема прибора для измерения β мощных транзисторов.

Схема и принцип работы прибора. Принципиальная схема прибора приведена на рис. 7. Он собран на основе стрелочного индикатора (миллиамперметра типа М41), полное отклонение стрелки которого достигается при токе 1 *ма*. Можно применять и другие типы приборов, например МП70, М4202 и др Как видно из схемы, при измерении статического коэффициента усиления транзистора по току к индикатору подключается шунт R_1, и его чувствительность уменьшается в 50 раз с таким расчетом, чтобы можно было зафиксировать величину коллекторного тока при подаче в базу транзистора тока определенной величины (введением в цепь резистора R_2) и снять отсчет по соответствущей шкале.

Для измерения обратного тока коллектора переключателем $П_1$ и кнопкой K_2 схема коммутируется таким образом, чтобы шунт R_1 был отключен от индикатора, а вывод базы транзистора подсоединен к источнику питания. При этом вывод эмиттера должен быть отключен от выходного зажима. Для переключения рода работ применен тумблер на два положения.

Питание прибора осуществляется от трех последовательно включенных элементов типа «Сатурн» напряжением 4,5 *в*. Несмотря на то, что напряжение питания сравнительно невелико, все же

удается измерять параметры транзисторов с достаточной для практических целей точностью. Вместе с этим облегченный режим работы транзисторов при измерениях не влечет за собой большой мощности рассеяния и повышения температуры полупроводникового элемента, что положительно сказывается на точности измерений при определении β.

Настройка прибора и методика работы с ним. Настройка прибора заключается в правильной подгонке сопротивления шунта R_1, а также в подборе сопротивления резистора R_2, с помощью которого в базу подается ток определенной величины (около 2 *ма*). Шунт необходимо подобрать с таким расчетом, чтобы при его подключении к индикатору ток, вызывающий полное отклонение стрелки, составлял 50 *ма* Сопротивление шунта подбирают с помощью другого стрелочного прибора, имеющего соответствующий предел измерения, подключив его к зажимам «Э» и «К» и установив нужный ток с помощью реостата, включенного последовательно с батареей. Важным этапом работы является градуировка шкалы, поскольку она не равномерна. Ее следует изготовить самостоятельно, для чего удобнее всего воспользоваться набором (5—7 шт.) транзисторов, коэффициенты усиления которых определены с помощью промышленного прибора. Измерив коэффициенты усиления этих транзисторов на изготовленном приборе, надо нанести на его шкалу соответствующие деления.

Следует, однако, отметить, что этот прибор не может, конечно, конкурировать с точными приборами, но все-таки с его помощью можно судить о степени годности испытуемых транзисторов и подбирать идентичные по основным параметрам транзисторы.

Работа с прибором не представляет трудностей. Прежде чем проверить какой-либо транзистор, необходимо прокалибровать шкалу прибора, для чего поставить тумблер в положение β и при нажатой кнопке K_1 установить с помощью калибровочного переменного резистора R_3 стрелку прибора в крайнее правое положение Затем подключить вывод коллектора к зажиму «К», а вывод базы — к зажиму «Б». Если при этом стрелка прибора не будет отклоняться, то вывод эмиттера надо на мгновение подсоединить к зажиму «Э», для того чтобы убедиться, что транзистор не имеет короткого замыкания. После этого можно приступать к измерению основных параметров транзистора, подключив все электроды к соответствующим зажимам.

При установке тумблера в положение β измеряется статический коэффициент усиления транзистора по току Для измерения начального тока коллектора тумблер устанавливают в положение $I_{к\,н}$, при этом схема будет скоммутирована так, что в цепь коллектора включается миллиамперметр без шунта, а выводы эмиттера и базы будут закорочены Чтобы измерить обратный ток коллектора, нужно кнопкой K_2 вывод эмиттера отсоединить от входного зажима. Малое значение сопротивления переменного резистора R_3 практически не окажет влияния на точность измерений обратного и начального токов коллектора.

Конструкция прибора. Прибор помещен в пластмассовый корпус, внутри которого размещены элементы схемы прибора и установлена батарея питания. Для подключения испытуемых транзисторов можно применить любые зажимы. Все органы управления (тумблер, кнопки K_1 и K_2, ручка переменного резистора и индикатор) установлены на лицевой панели прибора.

ПРОСТОЙ ИСПЫТАТЕЛЬ ТРАНЗИСТОРОВ

Назначение и характеристики прибора. При изготовлении устройств на транзисторах часто возникает необходимость в подборе транзисторов с определенными параметрами.

Простой испытатель транзисторов, схема которого изображена на рис. 8, в значительной мере облегчит работу радиолюбителя, желающего определить работоспособность и степень годности применяемого транзистора перед включением его в схему.

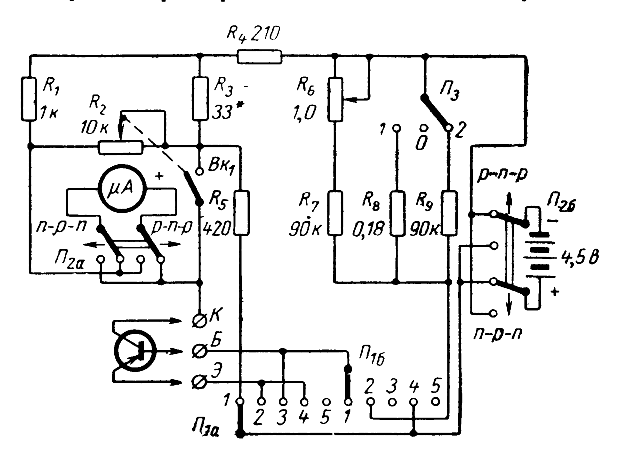


Рис. 8. Принципиальная схема простого испытателя транзисторов.

С помощью прибора можно измерять статический коэффициент усиления по току, обратный ток коллекторного перехода, начальный ток коллектора, определять наличие обрыва или замыкания между электродами испытуемого транзистора структуры *p-n-p* или *n-p-n*. При некотором навыке с помощью прибора можно проверить исправность полупроводниковых диодов. Коэффициент усиления можно измерять на двух пределах 0—100 и 0—200, а начальный ток коллектора и обратный ток коллекторного перехода — в пределах 0—50 *мка*. Прибор питается от батареи карманного фонаря типа КБС-0,5.

Схема и принцип работы прибора. Коммутация прибора осуществляется с помощью двухплатного переключателя галетного типа на пять положений. Нуль шкалы β устанавливается с помощью потенциометра R_6. Калибровка прибора при измерении коэффициента усиления позволяет устранить дополнительные погрешности, связанные с изменением э. д с. батареи. Для калибровки прибора перед измерениями служит потенциометр R_2, сопряженный с выключателем, причем при выключенном $Вк_1$ потенциометр R_2 должен быть полностью введен. Это нужно для того, чтобы потенциометр R_2 не очень шунтировал компенсирующий резистор R_1.

В этом приборе, как и в приборе, схема которого показана на рис. 1, коэффициент усиления $В_{ст}$ определяется отношением при-

ращения тока коллектора к приращению тока базы. Поскольку по цепи базы через потенциометр R_6 течет некоторый первоначальный ток, то приращение тока базы достигается включением в цепь базы одного из резисторов R_8 или R_9 (в зависимости от предела измерений). Это достигается с помощью переключателя $П_3$.

Этот метод испытания транзисторов более рационален, он предохраняет проверяемый транзистор от перегрева и повреждения, так как база находится под некоторым потенциалом. Нуль шкалы β смещен вправо относительно нуля шкалы для измерения тока (рис. 9). Благодаря этому устраняются добавочные погрешности, связанные с неравномерностью начального участка шкалы для измерения коэффициента усиления, и создается возможность компенсировать начальный ток коллектора, величина которого вследствие большого разброса параметров полупроводниковых приборов различна даже у однотипных транзисторов.

Точность измерений обратного тока коллекторного перехода и начального тока коллектора зависит от класса точности применяемого стрелочного индикатора, потому что ограничительные резисторы R_1 и R_2 практически не влияют на показания прибора при измерении этих величин.

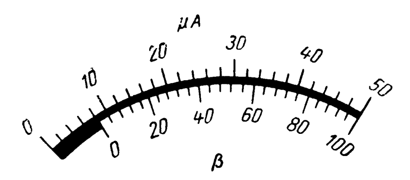


Рис. 9. Шкала прибора.

Конструкция и настройка прибора. В приборе применен стрелочный индикатор типа М265 с током полного отклонения стрелки 50 *мка*. Точность измерений достаточна для любительской практики. При измерении коэффициента усиления для достижения необходимой точности следует тщательно подобрать сопротивления резисторов R_8 и R_9, а также R_4 и R_5, входящие в систему калибровки прибора.

В приборе может быть применен и малогабаритный индикатор, например М494, М4202 и даже М595, с такими же параметрами. В этом случае размеры прибора могут быть значительно уменьшены. Однако при этом необходимо пересчитать сопротивление шунта (R_4) и сопротивление резистора R_5 по формулам, приведенным в описании авометра. Размеры прибора в основном определяются размером применяемого стрелочного индикатора. В приборе, изображенном на рис. 10, использован индикатор типа М265, что вызвало необходимость применить корпус размерами 130×180×60 *мм*, боковые стенки которого изготовлены из фанеры толщиной 6 *мм*, а для лицевой панели применен слоистый пластик толщиной 3,5 *мм*. Основные органы управления (ручки переключателей рода работ $П_1$ и $П_3$, входные зажимы для подсоединения испытуемых транзисторов, ручки потенциометров установки нуля R_2 и калибровки R_6) выведены на переднюю панель; переключатель полярности батареи и индикатора $П_2$ установлен на боковой стенке прибора. В положении *1* переключателя $П_1$ выполняют калибровку прибора, в положении *2* измеряют величину β, в положении *3* — $I_{к.о}$, в положении *4* — $I_{к.н}$, а в положении *5* прибор выключен.

Удобно применить потенциометр типа ТК, сопряженный с выключателем, который служит и для подключения шунта при измерениях коэффициента усиления. В этом случае можно ограничиться одноплатным стандартным переключателем галетного типа,

не усложняя схемы коммутации прибора. Резисторы следует применять малогабаритные типа УЛМ либо МЛТ-0,5. Ввиду того, что от правильного выбора элементов схемы зависит величина добавочных погрешностей, вносимых в измерения, необходимо проверить сопротивления резисторов перед включением их в схему и подобрать их с точностью не ниже ±1,5% от номинальной величины.

Для переключения полярности батареи и индикатора может быть применен малогабаритный переключатель диапазонов от карманного приемника либо два переключателя типа Т-2П. В качестве переключателя $П_3$ для измерения коэффициента β можно использовать трехконтактный выключатель автомобильного типа Для подсоединения испытуемого транзистора желательно изготовить отдельную колодку или использовать любые зажимы небольших размеров. Схема прибора собрана из стандартных деталей и не содержит специальных элементов, за исключением шунта, который наматывают на корпусе высокоомного резистора проводом из константана или манганина диаметром 0,2—0,8 *мм*. Шкалу, отградуированную в единицах коэффициента усиления, следует нанести черной или красной тушью, как это показано на рис 9 Батарея питания помещается внутри коробки

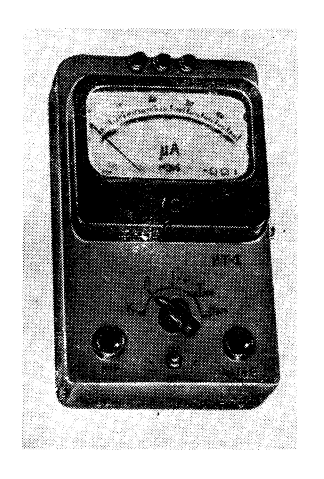


Рис 10 Внешний вид простого испытателя транзисторов.

Настройка прибора заключается в подборе сопротивления шунта и регулировке системы калибровки прибора. Сопротивление шунта R_3 и резистора R_5 нужно подобрать так, чтобы при включенной системе калибровки (переключатель $П_1$ в положении *1* и выключатель $Вк_1$ включен) было возможно в широких пределах регулировать ток, протекающий через прибор Для более точной регулировки при налаженной системе калибровки следует сопоставить показания прибора с показаниями промышленного прибора аналогичного назначения, измерив параметры транзистора сначала на промышленном, а затем на изготовленном приборе. Лучше всего градуировать шкалу β первого поддиапазона (0—100), подобрав транзистор с коэффициентом усиления, равным 50—70, в зависимости от этого подобрать сопротивление резистора R_9 Сопротивление резистора R_8 должно быть вдвое больше, поэтому выполнять контрольные замеры на втором пределе не обязательно. Номинальные значения ограничительных резисторов R_1 и R_7 практически не влияют на правильность показаний при отсчете, поэтому их сопротивления можно подбирать с меньшей точностью

Правила измерений. Перед подсоединением испытуемого транзистора ручку переключателя $П_1$ необходимо поставить в положение *1* (калибровка). Затем поворотом ручки потенциометра R_2, сопряженного с выключателем $Вк_1$, включить шунт и дальнейшим ее вращением установить стрелку прибора в правое крайнее положение, соответствующее максимальному значению измеряемой ве-

личины. После этого поставить переключатель $П_2$ в положение, соответствующее типу испытуемого транзистора, и повернуть ручку переключателя рода работ $П_1$ в положение 2. После этого подсоединить испытуемый транзистор (сначала базу, затем эмиттер, а потом уже коллектор) к соответствующим зажимам и поворотом ручки потенциометра R_6 установить стрелку прибора на нуль шкалы β. Установив ручку переключателя $П_3$ в положение *1* (предел измерения 200), снять отсчет.

Если стрелка прибора отклоняется менее чем на половину шкалы, ручку переключателя $П_3$ поставить в положение *2* (предел измерения 100). Чтобы измерить обратный ток коллекторного перехода, переключатель $П_1$ нужно установить в положение *3* ($I_{к\,о}$), а ручку потенциометра R_2, сопряженного с выключателем $Вк_1$, поставить в положение «Выключено», тем самым отключить от стрелочного индикатора шунт. Благодаря этому чувствительность прибора увеличивается, т. е. полное отклонение стрелки достигается при токе 50 *мка* Отсчет снимается по верхней шкале в микроамперах.

Начальный ток коллектора измеряется при установке ручки переключателя $П_1$ в положение *4* ($I_{к\,н}$). При этом в цепь коллектора будет включен микроамперметр, а выводы эмиттера и базы окажутся замкнутыми между собой. Отсчет снимается по той же шкале, что и при измерении обратного тока коллекторного перехода (50 *мка*), так как исправные транзисторы имеют начальный ток коллектора при короткозамкнутых выводах эмиттера и базы не более чем 20—50 *мка*, а обратный ток коллекторного перехода 15—20 *мка*. У лучших экземпляров транзисторов значения $I_{к\,о}$ гораздо меньше и составляют 1—3 *мка*.

ПРИСТАВКА К АВОМЕТРУ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ТРАНЗИСТОРОВ

Назначение прибора. Для радиолюбителей, желающих применить имеющийся в наличии авометр для измерения основных параметров транзисторов, можно рекомендовать изготовление несложного устройства, краткое описание которого приводится ниже

В основу разработки данной приставки положен метод определения основных параметров транзисторов, рассмотренных в предыдущем параграфе. Приставку можно с успехом применять как в условиях радиолюбительской практики, так и в условиях ремонтных мастерских

Рис. 11. Принципиальная схема приставки для проверки транзисторов.

Схема и принцип работы прибора. Принципиальная схема приставки изображена на рис. 11. Выключатель $Вк_1$, сопряженный с потенциометром R_3, служит для включения шунта R_2 в цепь микроамперметра при измерении статического коэффициента усиления по току. Величина сопротивления шунта зависит от типа микроамперметра и выбирается с таким расчетом, чтобы при его

включении ток полного отклонения стрелки индикатора был равен 6 *ма*. При использовании авометра этот шунт можно из схемы исключить. Однако при этом необходимо переключать предел измерений тока на 6 *ма*. Для измерения обратного тока коллекторного перехода нужно выбрать наименьший предел измерения тока, например, при использовании авометра ПР-5 отсчет снимается по шкале 60 *мка*.

Конструкция и настройка прибора. Приставка смонтирована в небольшом пластмассовом корпусе размерами 85×52×42 *мм* (рис. 12), в котором помещены также три элемента 1,3-ФМЦ-0,25, включенные последовательно. На лицевую панель выведены ручка потенциометра R_3, два переключателя $П_1$ и $П_2$, кнопка K_1 и три зажима типа «Крокодил» для подключения испытуемого транзистора и два зажима, посредством которых приставка присоединяется к авометру.

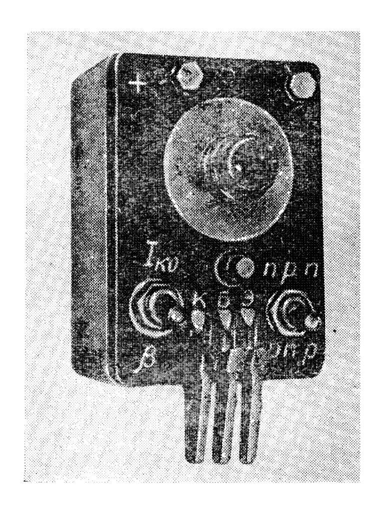


Рис 12 Внешний вид приставки.

Для установки нуля шкалы β можно применить любой переменный резистор, например типа ТК, сопряженный с выключателем. Резисторы следует применять типа УЛМ или МЛТ, причем необходимо обратить внимание на правильный выбор сопротивления резистора R_5, с помощью которого дается приращение тока базы, так как от его величины зависит точность показаний прибора при отсчете коэффициента усиления. Резисторы R_1 и R_4 ограничивают токи коллектора и базы, что предотвращает повреждение авометра (или другого измерительного устройства) при испытании неисправного транзистора либо при неправильном его подключении.

Приставка весьма проста в изготовлении и наладке. Экономичное расходование энергии позволяет использовать приставку длительное время без замены элементов питания При длительном хранении приставки необходимо проверить пригодность источников питания путем измерения напряжения на зажимах «—» и «Э» при помощи авометра. Переключатель $П_1$ при этом должен стоять в положении β, а переключатель $П_2$ — в положении *p-n-p*. Элементы ФМЦ можно заменить батарейкой для карманного фонаря, однако размеры приставки при этом несколько увеличиваются. Сопротивления всех резисторов указаны на схеме с расчетом использования авометра ПР-5 с пределами измерений тока 6 *ма* (с учетом шунта) при измерении коэффициента усиления транзисторов и 60 *мка* при измерении обратного тока коллекторного перехода.

Правила измерений. Параметры транзисторов измеряют следующим образом. Переключатель $П_2$ ставят в положение, соответствующее структуре проверяемого транзистора (*p-n-p* или *n-p-n*), авометр подсоединяется к соответствующим зажимам приставки.

При проверке транзисторов структуры *n-p-n* поставить переключатель в нужное положение, а щупы авометра нужно поменять местами. Транзистор подключают к соответствующим зажимам и, поворачивая ручку потенциометра R_3, устанавливают ток коллектора, равный 1 *ма*. Это будет условным нулем шкалы β. При нажатии кнопки K_1 получает приращение ток базы и соответственно увеличивается коллекторный ток. Если сопротивление резистора R_5 выбрано так, что при испытании транзистора с коэффициентом усиления $B_{ст}$, равным 50, приращение коллекторного тока будет равно 1 *ма*, то на приборе со шкалой на 6 *ма* можно измерять коэффициент $B_{ст}$, равный 250. Для измерения обратного тока коллекторного перехода необходимо переключатель $П_1$ поставить в положение $I_{к.о}$, выключателем $Вк_1$ отключить шунт от индикатора и проводить измерение по шкале 50—60 *мка* (в зависимости от применяемого для этой цели измерительного прибора). Чтобы измерить начальный ток коллектора, выводы эмиттера и базы нужно соединить накоротко и снимать отсчет по той же шкале.

ПРОСТОЙ АВОМЕТР — ИСПЫТАТЕЛЬ ТРАНЗИСТОРОВ

Назначение и характеристики прибора. Этот прибор позволяет измерять статический коэффициент усиления по току $B_{ст}$, начальный ток коллектора, определять наличие обрыва либо замыкания между электродами испытуемого транзистора. При помощи прибора, включенного как миллиамперметр, можно измерять режим работы аппаратуры на транзисторах при низком напряжении питания.

В авометре — испытателе транзисторов имеются следующие пределы измерений:

1. Постоянное напряжение	0—10, 0—50, 0—500 *в*
2. Переменное напряжение	0—10, 0—50, 0—500 *в*
3. Постоянный ток	0—5, 0—50, 0—500 *ма*
4. Сопротивление	0—100 *ком*
5. Статический коэффициент усиления транзистора по току $B_{ст}$	0—200
6. Начальный ток коллектора	0—1 *ма*

Питание цепи омметра и испытателя транзисторов осуществляется от одной батареи КБС напряжением 4,5 *в*.

Малое количество деталей в схеме прибора делает его экономичным и доступным для изготовления даже начинающим радиолюбителям.

Схема и принцип работы прибора. Принцип работы прибора виден из электрической схемы, изображенной на рис. 13. Изменение пределов измерений достигается путем смены добавочных сопротивлений при помощи переключателя $П_1$.

В качестве индикатора применен миллиамперметр типа М41 с полным отклонением стрелки при токе 1 *ма* и сопротивлением рамки 75 *ом*. Можно применить более чувствительный стрелочный прибор, однако при этом нужно пересчитать сопротивления шунтов и добавочные сопротивления.

Для измерения переменных напряжений служит детекторная схема, состоящая из двух диодов Д2Б. Так как сопротивление рамки стрелочного прибора невелико, а обратное сопротивление диодов большое, то детекторная система, подключенная к индика-

гору, мало влияет на его показания во время других измерений Это позволяет обойтись без дополнительного переключателя.

В приборе применена схема универсального шунта. Для предохранения стрелочного индикатора от повреждения универсальный шунт подключен так, что при измерениях тока он не выключается, а при случайном выключении $Вк_1$ ток через прибор не протекает. Такой способ включения универсального шунта позволяет использовать полную чувствительность стрелочного индикатора. При измерениях напряжений и сопротивлений он выключен, а при испытаниях транзисторов и измерениях токов — включен.

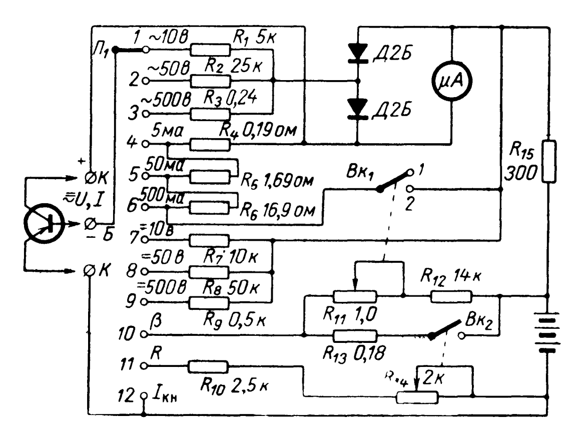


Рис. 13 Принципиальная схема простого авометра — испытателя транзисторов.

Упрощению конструкции прибора и коммутации схемы способствует применение в качестве переключателя рода работ и пределов измерений одноплатного переключателя на 12 положений. Применив переключатель на большее число положений, количество пределов измерений можно увеличить Для уменьшения размеров прибора в нем применены два переменных резистора, совмещенных с выключателями. Для подключения проводов со щупами и выводов испытуемых транзисторов используются одни и те же зажимы.

При измерении статического коэффициента усиления транзистора по току транзистор включен по схеме с общим эмиттером. Выключатель $Вк_1$, совмещенный с ручкой переменного резистора R_{11}, включает универсальный шунг, благодаря чему ток полного отклонения стрелки прибора увеличится до 5 *ма*. Уменьшение сопротивления переменного резистора R_{11} способствует некоторому увеличению тока базы, и стрелка прибора устанавливается на выбранном делении (0,5 *ма* на шкале 5 *ма*), что будет соответствовать нулю шкалы β. Такой способ измерения дает более точные результаты, так как не приходится пренебрегать начальным током коллектора, весьма разным для различных типов транзисторов. Учитывая, что коэффициент большинства маломощных транзисторов не превышает 150—180, предел измерения $B_{ст}$ выбран равным 200.

Начальный ток коллектора измеряется при короткозамкнутых выводах эмиттера и базы. Более точных показаний можно достичь, применив в качестве индикатора микроамперметр на 100—200 *мка*. При этом становится возможным измерение обратного тока коллектора, однако не следует забывать, что применение индикатора с другой чувствительностью влечет за собой перерасчет величин добавочных сопротивлений и сопротивлений шунтов.

При работе прибора, включенного как испытатель транзисторов, в случае неправильного подсоединения к прибору испытуемого транзистора ни индикатор, ни сам транзистор не будут выведены из строя. Этому воспрепятствуют ограничительные резисторы R_{12} и R_{15}, первый из которых ограничивает на допустимом пределе ток базы, а второй — ток коллектора. Прибор можно несколько усовершенствовать, введя в схему переключатель полярности батареи для того, чтобы можно было испытывать транзисторы типа *n-p-n*. Чтобы производить калибровку прибора перед измерением коэффициента усиления транзистора по току, калибровочный резистор можно подключить непосредственно к индикатору. Однако в этом случае надо предусмотреть введение в цепь универсального шунта компенсационного резистора $R_к$, а также использовать для измерения β отдельный кнопочный выключатель, нажав который можно отсчитывать β по соответствующей шкале.

Конструкция прибора весьма проста и, безусловно, не является идеальной, поэтому радиолюбитель, решивший собрать такой прибор, сам решит вопрос о целесообразности его усовершенствования или приступит к конструированию одного из приборов, описываемых в следующих разделах. Настройка прибора заключается в подборе добавочных сопротивлении и подгонке сопротивлений шунтов, которые желательно изготовить из манганиновой или константановой проволоки.

Правила измерений. Измерение постоянного тока. Подключить щупы к зажимам «+» и «—», поставить переключатель рода работ на выбранный предел измерения тока, повернуть выключатель $Вк_1$ в положение *2*, что соответствует включению шунтов, подсоединить щупы последовательно к измеряемой цепи и снять отсчет.

Измерение постоянного напряжения. Подключить щупы к зажимам «+» и «—». Переключатель рода работ поставить в положение, соответствующее выбранному пределу измерений, обозначенному *U*. После этого выполнять измерения, соблюдая полярность источника напряжения и прибора. Выключатель $Вк_1$ при этом должен быть выключен, что соответствует положению *1*.

Измерение переменного напряжения. Все элементы коммутации находятся в том же положении, что и при измерении постоянного напряжения, только положение переключателя рода работ должно соответствовать выбранному пределу измерения по шкале переменного напряжения *U*. Щупы подсоединяют к источнику переменного напряжения и снимают отсчет.

Измерение сопротивления. Поставить переключатель рода работ в положение *R*. Выключатель $Вк_1$ — в положение *1* при закороченных щупах шнура. С помощью переменного резистора R_{14} установить стрелку прибора на нуль шкалы «Ω». Подключить щупы к измеряемому участку цепи при выключенном питании и определить его сопротивление.

Определение коэффициента усиления транзистора по току. Поставить переключатель рода работ в положение β, подключить транзистор к соответствующим зажимам и поворотом ручки переменного резистора R_{11}, объединенного с выключателем $Вк_1$, включающим шунт, добиться нулевого положения стрелки прибора по шкале β Затем включить $Вк_2$ и по шкале прибора, проградуированной непосредственно в единицах $В_{ст}$, определить измеряемую величину.

Измерение начального тока коллектора Поставить переключатель рода работ в положение $I_{к\,н}$ и при выключенном шунте отсчитать по шкале прибора величину начального тока коллектора Если в приборе применен грубый индикатор, то отклонение стрелки едва заметно, и в этом случае можно только судить о качестве транзистора. Применение индикатора с более высокой чувствительностью дает возможность измерять начальный и обратный ток коллектора с большей точностью.

КОМБИНИРОВАННЫЙ АВОМЕТР — ИСПЫТАТЕЛЬ ТРАНЗИСТОРОВ

Назначение и характеристики прибора. Многопредельные универсальные приборы находят самое широкое применение как в радиолюбительской практике, так и в мастерских, производящих ремонт, настройку и регулировку радиоаппаратуры. Ниже приводится описание двух приборов, изготовление которых можно рекомендовать широкому кругу радиолюбителей.

Прибор, принципиальная схема которого изображена на рис. 15, представляет собой комбинированный малогабаритный ампервольтомметр, объединенный с испытателем транзисторов. Прибор позволяет измерять статический коэффициент усиления, обратный ток коллекторного перехода, начальный ток коллектора маломощных транзисторов структуры *р-п-р* и *п-р-п*, а также определять наличие обрыва или замыкания между электродами испытуемого транзистора Как авометр прибор пригоден для измерений постоянных и переменных напряжений и тока, а также величины сопротивления постоянному току.

При использовании прибора как вольтметра его входное сопротивление велико (20 *ком/в*), а при использовании как амперметра падение напряжения на нем незначительно. Поэтому при измерении напряжения прибор мало шунтирует измеряемую цепь, а при измерении тока практически не вызывает перераспределения токов.

В приборе предусмотрены следующие виды и пределы измерений:

1. Постоянное напряжение	0—10, 0—50, 0—250, 0—500 *в*
2. Переменное напряжение	0—10, 0—50, 0—250, 0—500 *в*
3. Постоянный ток	0—50 *мка*, 0—500 *мка*, 0—5 *ма*, 0—50 *ма*, 0—500 *ма*
4. Переменный ток	0—5, 0—50, 0—500 *ма*
5. Сопротивление	0—20 *ком*, 0—200 *ком*, 0—2 *Мом*
6. Статический коэффициент усиления транзисторов по току	0—200

7. Обратный ток коллекторного перехода . . . . 0—50 *мка*
8. Начальный ток коллектора при короткозамкнутых выводах эмиттера и базы . . . . 0—50 *мка*

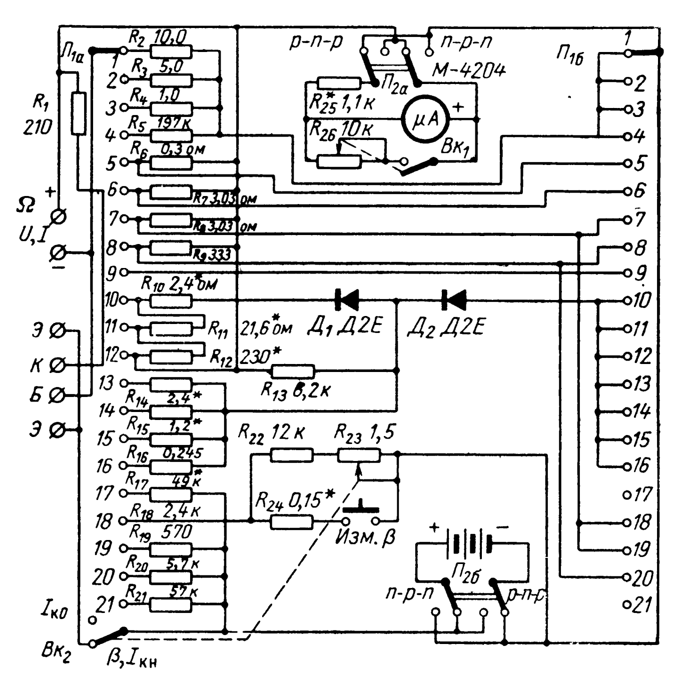


Рис. 14. Принципиальная схема комбинированного авометра — испытателя транзисторов

При правильном подборе добавочных сопротивлений и сопротивлений шунтов прибор может обеспечить указанные виды измерений с достаточной для любительской практики точностью.

Для уменьшения размеров прибора питание его предусмотрено от трех последовательно соединенных элементов типа 1,3-ФМЦ-0,25, установленных внутри прибора. Прибор собран в закрывающемся металлическом корпусе размерами 160×105×65 *мм*, вес его не превышает 800 *г*.

Схема и принцип работы прибора. Выбор схемы обусловлен желанием на базе одного стрелочного индикатора создать комбинированный измерительный прибор универсального назначения, не усложняя при этом его конструкции и коммутации.

Применение отдельных шунтов для каждого предела измерения постоянного тока позволяет добиться минимального падения напряжения на приборе, что особенно важно при измерениях тока в аппаратуре на транзисторах при низких напряжениях питания

Блокировка предотвращает возможность выхода из строя стрелочного индикатора при переходе с одного предела измерений тока на другой. В момент перехода с одного предела на другой при выключении шунта выключается и цепь индикатора. Такой способ включения хорош еще и тем, что нарушение контакта в каком-нибудь из соединений шунта на одном из пределов измерений тока не влияет на работоспособность прибора на остальных пределах измерений, а разрыв цепи шунта не вносит погрешность в измерения других величин. При измерении переменного тока микроамперметр имеет универсальный шунт.

Измерение постоянного напряжения на различных пределах осуществляется стрелочным индикатором путем подсоединения к нему соответствующих добавочных сопротивлений. При изготовлении прибора их нужно подбирать путем последовательного соединения двух резисторов, суммарное сопротивление которых должно соответствовать сопротивлению, указанному на схеме.

Применяемая система коммутации дает возможность использовать предельную чувствительность стрелочного индикатора при измерениях постоянного тока и добиться высокого входного сопротивления вольтметра при измерениях постоянного напряжения.

Выпрямитель, состоящий из диодов $Д_1$ и $Д_2$, подключается к индикатору только при измерениях переменного напряжения и тока. При всех остальных измерениях во избежание шунтирования индикатора выпрямитель от схемы отключен.

Принцип работы прибора и взаимодействие отдельных элементов видны из схемы. При установлении переключателя рода работ $П_1$ в положения *1—4* прибор позволяет измерять постоянное напряжение в выбранных пределах. Добавочное сопротивление для каждого предела измерения рассчитывается по формуле

$$R_{д} = \frac{U_{пр}}{I_{ин}} - (R_{ин} + R_{к}),$$

где $R_{д}$ — добавочное сопротивление; $U_{пр}$ — максимальное напряжение предела измерения; $I_{ин}$ — ток полного отклонения стрелочного индикатора; $R_{к}$ — компенсационное или уравнивающее сопротивление, включенное в цепь индикатора (в нашем случае R_{25}); $R_{ин}$ — внутреннее сопротивление индикатора. Когда переключатель установлен в положениях *5—8*, прибор служит многопредельным миллиамперметром постоянного тока.

В схеме на рис. 14 в цепь индикатора при измерениях переменного тока и напряжения введен универсальный шунт. Поэтому ток полного отклонения индикатора $I_{ин}$ становится значительно больше. Учитывая это, рационально производить подбор сначала сопротивлений резисторов, входящих в универсальный шунт для измерения переменного тока, а затем приступать к подбору добавочных сопротивлений.

Сопротивления шунтов для многопредельного миллиамперметра постоянного тока можно рассчитать, воспользовавшись формулой

$$R_{ш} = (R_{ин} + R_{к}) \frac{I_{ин}}{I_{пр} - I_{ин}},$$

где $R_{ш}$ — сопротивление шунта; $R_{ин}$ — внутреннее сопротивление индикатора; $R_{к}$ — уравнивающее сопротивление; $I_{ин}$ — ток полного отклонения стрелки индикатора; $i_{пр}$ — предельное значение измеряемого тока. Однако сопротивления шунтов для миллиамперметра

постоянного тока следует также подбирать для уменьшения погрешностей показаний прибора. Наладку его нужно производить на каждом пределе измерений, когда уже все элементы установлены, с тем чтобы учесть и сопротивление монтажных приборов. Ввиду разброса параметров применяемых диодов и индикатора настройка миллиамперметра для измерений переменного тока и напряжения производится путем подбора сопротивлений резисторов шунта и добавочных сопротивлений. Для этой цели удобно воспользоваться многопредельным образцовым вольтметром и миллиамперметром переменного тока. Для измерений переменного тока переключатель должен быть установлен в положения *10—12*, а для измерения переменного напряжения — в положения *13—16*.

Для вольтметра, измеряющего переменное напряжение, добавочное сопротивление рассчитывается по формуле

$$R_{д} = \frac{U_{пр}}{2,2 I_{ин}},$$

где $I_{ин}$ — ток полного отклонения стрелки прибора при подключенном шунте.

Обратный ток коллекторного перехода измеряется, когда переключатель находится в положении *17*, а цепь эмиттера отключена выключателем $Вк_2$, сопряженным с потенциометром R_{23}. В этом же положении переключателя измеряется начальный ток коллектора. При этом цепь эмиттера подключается к базе. Коэффициент усиления $В_{ст}$ измеряется, когда переключатель $П_1$ находится в положении *18*. Как омметр прибор работает при установлении переключателя в положения *19—21*.

Резистор R_{25}, включенный последовательно с индикатором, является ограничительным при измерениях обратного тока коллекторного перехода и начального тока коллектора. Потенциометр R_{26} служит для установки нуля на всех пределах измерений сопротивлений и калибровки прибора при измерении коэффициента усиления $В_{ст}$ транзисторов.

При измерении коэффициента усиления $В_{ст}$ испытуемый транзистор включается по схеме с общим эмиттером, и его усилительные свойства определяются отношением приращений тока коллектора и тока базы.

Нуль шкалы β соответствует току 0,5 *ма* (на шкале 6 *ма* с учетом калибровки), благодаря чему измерения выполняются на прямолинейном участке характеристики транзисторов. При этом повышается точность измерений. Установка нуля шкалы β достигается при помощи потенциометра R_{23}. При измерении коэффициента β через потенциометр R_{23} на базу транзистора подается некоторый потенциал. Приращение тока базы достигается введением в ее цепь резистора R_{24} путем нажатия кнопки «*Изм.* β». Отсчет снимается при нажатой кнопке «*Изм.* β» в единицах коэффициента усиления по соответствующей шкале β. Наличие ограничительных резисторов R_1 и R_{22} предотвращает выход из строя как стрелочного индикатора, так и транзистора при его неправильном подключении либо повреждении.

При измерениях обратного тока коллекторного перехода и начального тока коллектора погрешность измерений зависит от класса точности выбранного стрелочного индикатора. Ограничительные резисторы практически не оказывают влияния на правильность показаний из-за малой величины протекающего тока.

Для измерения параметров транзисторов типов *n-p-n* и *p-n-p* в приборе предусмотрено переключение полярности батареи и стрелочного индикатора. Это достигается с помощью переключателя $П_2$, ручка которого выведена на переднюю панель прибора.

Конструкция и настройка прибора. В качестве индикатора используется стрелочный прибор типа М4204 с сопротивлением рамки 2 000 *ом*, полное отклонение стрелки которого достигается при токе 50 *мка*. В качестве индикатора может быть применен также другой микроамперметр, однако значения добавочных сопротивлений и сопротивлений шунтов необходимо пересчитывать. При применении индикаторов с током полного отклонения более 200 *мка* уменьшается входное сопротивление вольтметра, труднее становится отсчет при измерениях обратного тока коллектора, поэтому увеличиваются погрешности

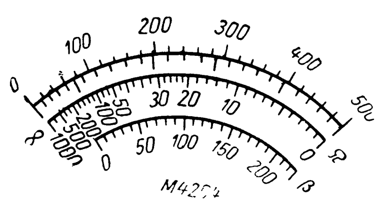


Рис. 15. Шкала прибора.

В качестве переключателя рода работ и пределов измерений служит двухплатный переключатель типа ПД-360. Переключение полярности батареи и индикатора может быть выполнено при помощи переключателя для малогабаритных приемников типа МДПВ-1-1В либо малогабаритного четырехсекционного переключателя галетного типа на два положения. Кнопка «*Изм.* β» может быть любого типа. Потенциометры, сопряженные с выключателями, желательно применить малогабаритные, однако при их отсутствии можно воспользоваться потенциометрами типа ТК-0,5. В качестве добавочных сопротивлений удобно использовать резисторы типа МЛТ либо ВС. Резисторы шунтов — проволочные, намотаны константановым (манганиновым) проводом на высокоомных (150—200 *ком*) резисторах типа ВС или МЛТ; диаметр провода 0,6—0,1 *мм* в зависимости от величины сопротивления шунта (меньшей величине соответствует больший диаметр провода, так как по нему будет течь большой ток).

Шкала прибора самодельная. Один из возможных вариантов шкалы показан на рис. 15.

Переднюю панель прибора можно изготовить из гетинакса или слоистого пластика толщиной 3—4 *мм*. На панели необходимо прикрепить все органы управления, нанести разметки и надписи, после чего при помощи пульверизатора покрыть ее бесцветным лаком. Корпус может быть изготовлен из пластмассы или алюминия.

Настройка прибора заключается в проверке правильности монтажа, правильном подборе добавочных сопротивлений и шунтов и регулировке системы калибровки. При настройке необходимо сличать показания налаживаемого прибора с показаниями образцового прибора. Для настройки испытателя транзисторов желательно проверить один транзистор на образцовом промышленном приборе, после чего при настроенной схеме калибровки измерить его параметры на построенном приборе и подбором сопротивления резистора R_{24} добиться идентичности показаний.

Правила измерений. При измерении напряжения и тока положение переключателя $П_2$ должно соответствовать включению *p-n-p*.

При измерении тока (в том числе $I_{к\,0}$ и $I_{к\,н}$) и напряжения выключатель $Вк_1$, сопряженный с потенциометром R_{26}, должен быть в положении «Выключено».

При измерении сопротивления предварительно должна быть проведена калибровка, т. е. установка нуля шкалы «Ω» с помощью потенциометра R_{26} при закороченных щупах.

Калибровку при измерениях коэффициента усиления (до подключения транзистора) следует производить так же, как и установку нуля шкалы «Ω», поставив переключатель рода работ $П_1$ в

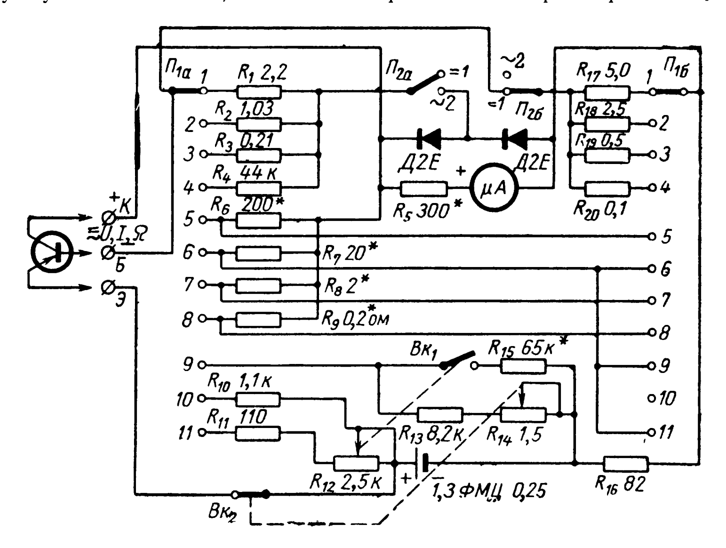


Рис. 16. Схема упрощенного варианта авометра — испытателя транзисторов.

положение *19*. Установка нуля шкалы β производится при включенном транзисторе с помощью потенциометра R_{23}. Переключатель рода работ при этом должен находиться в положении *18*. При нажатии кнопки «*Изм.* β» получается приращение тока базы и снимается отсчет коэффициента усиления по шкале, соответствующей пределу измерения

Обратный ток коллекторного перехода транзистора измеряют после установки переключателя рода работ в положение *17*, а выключателя $Вк_2$ — в положение «β». Для измерения начального тока коллектора выключатель $Вк_2$ должен быть включен в положение $I_{к\,н}$, с тем чтобы были замкнуты накоротко выводы эмиттера и базы. Система калибровки при этом должна быть отключена, т. е. выключатель $Вк_1$ должен быть выключен.

При некотором навыке в работе с помощью прибора можно проверить исправность полупроводниковых диодов, а также выполнять ряд других измерений.

Упрощенный вариант схемы авометра. Схема прибора, аналогичного описанному по назначению, но более простого по конструкции, представлена на рис. 16. Прибором можно измерять

постоянное и переменное напряжения в пределах 0—10, 0—50, 0—250 и 0—500 *в* (положения *1—4* переключателя $П_1$), постоянный ток с пределами 0—500 *мка*, 0—5 *ма*, 0—50 *ма*, 0—500 *ма* (положения *5—8*), сопротивления в пределах 0—5 000 *ом* (положение *11*), статический коэффициент усиления транзистора $B_{ст}$ (положение *9*), обратный ток коллекторного перехода и начальный ток коллектора (положение *10*) В качестве стрелочного индикатора применен микроамперметр М494 с сопротивлением рамки 700 *ом*, полное отклонение стрелки которого достигается при токе 100 *мка*. Прибор питается от одного элемента типа 1,3-ФМЦ-0,25.

Ввиду сравнительно малой величины внутреннего сопротивления индикатора шунтирующее влияние выпрямителя незначительно. Благодаря этому предельно упрощена коммутация схемы прибора при измерениях переменного и постоянного напряжений (тумблер $П_2$). Сопряжение движков потенциометров R_{12} и R_{14} выключателями привело к уменьшению количества органов управления прибором. Например, при измерениях коэффициента усиления транзисторов потенциометром R_{14}, сопряженным с выключателем $Вк_2$, устанавливается нуль шкалы β, а приращение тока базы достигается включением резистора R_{15} выключателем $Вк_1$, сопряженным с потенциометром R_{12}. Принцип работы испытателя транзисторов аналогичен описанному выше. Предел измерения обратного тока коллекторного перехода и начального тока коллектора расширен до 100 *мка* из-за применения более грубого стрелочного индикатора

Отметим, что положение ползунка потенциометра R_{12} не влияет на показания испытателя и, наоборот, при установке нуля шкалы положение выключателя $Вк_1$ не влияет на показания омметра. Таким образом, можно выполнять различные виды измерений, используя одни и те же элементы схемы. Испытуемые транзисторы и измерительные щупы подключаются к одним и тем же входным зажимам, что позволило сократить количество применяемых зажимов и сделать прибор более компактным. Прибором можно измерять параметры транзисторов только структуры *p-n-p*, так как с целью упрощения конструкции в схеме не предусмотрена возможность переключения полярности батареи питания и стрелочного индикатора. При необходимости измерения параметров транзисторов структуры *n-p-n* в систему коммутации нужно ввести дополнительный переключатель, как это показано в схеме рис. 14.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ АВОМЕТР ИТТ-1М

Назначение и характеристики прибора. Прибор представляет собой комбинированный малогабаритный ампервольтомметр со встроенным несложным испытателем транзисторов. Он позволяет измерять статический коэффициент усиления транзистора по току, обратный ток коллекторного перехода и начальный ток коллектора маломощных транзисторов типа *p-n-p* и *n-p-n*, а также определять наличие обрыва или замыкания между электродами испытуемого транзистора. Как авометр прибор пригоден для измерения постоянного и переменного напряжения и тока, а также сопротивления постоянному току.

Прибор обеспечивает все виды измерений при температуре окружающей среды +20±5° С и относительной влажности до 80%.

Погрешности прибора в процентах от конечных значений шкал равны:

при измерении постоянных тока и напряжения	2,5%;
при измерении переменных тока и напряжения	(4÷5)%;
при измерении сопротивлений	10%;
при измерении $I_{к\,о}$ и $I_{к\,н}$	2,5%;
при измерении $B_{ст}$	(5÷8)%.

В приборе предусмотрены следующие пределы измерений и их виды:

1. Постоянное напряжение	0—3, 0—15, 0—150, 0—300, 0—600 *в*.
2. Переменное напряжение	0—3, 0—15, 0—150, 0—300, 0—600 *в*.
3. Постоянный ток	0—60 *мка*, 0—600 *мка*, 0—6 *ма*, 0—60 *ма*, 0—600 *ма*.
4. Переменный ток	0—600 *мка*, 0—6 *ма*, 0—60 *ма*, 0—600 *ма*.
5. Сопротивление постоянному току	0—3 *ком*, 0—30 *ком*, 0—300 *ком*, 0—3 *Мом*
6. Статический коэффициент усиления транзистора по току	0—50, 0—250.
7. Обратный ток коллекторного перехода	0—60 *мка*.
8. Начальный ток коллектора при короткозамкнутых выводах эмиттера и базы	0—60 *мка*.

При соответствующем подборе сопротивлений добавочных резисторов и сопротивлений шунтов прибор позволяет измерять параметры с точностью, достаточной для проведения ремонта и наладки радиоаппаратуры.

Схема и принцип работы прибора. Принципиальная схема прибора приведена на рис. 17 В качестве индикатора применен измерительный механизм микроамперметра типа М-4204/1 магнитоэлектрической системы с полным отклонением стрелки при токе 50 *мка* и сопротивлением рамки 2 000 *ом*. Благодаря высокому входному сопротивлению (20 *ком/в*), малому падению напряжения на участке цепи измерителя использование прибора как миллиамперметра не вызывает заметного нарушения режима работы отдельных каскадов как ламповой, так и транзисторной аппаратуры.

Выбор схемы обусловлен тем, что на базе одного стрелочного индикатора необходимо было создать комбинированный измерительный прибор универсального назначения, не усложнив при этом его конструкции и коммутации. Применение отдельных шунтов для каждого предела измерения постоянного тока позволяет добиться минимального падения напряжения на участке цепи измерителя, что особенно важно при измерениях тока в аппаратуре на транзисторах при низких напряжениях питания. Специальная система блокировки предотвращает возможность выхода из строя стрелочного индикатора при переходе с одного предела измерений постоянного

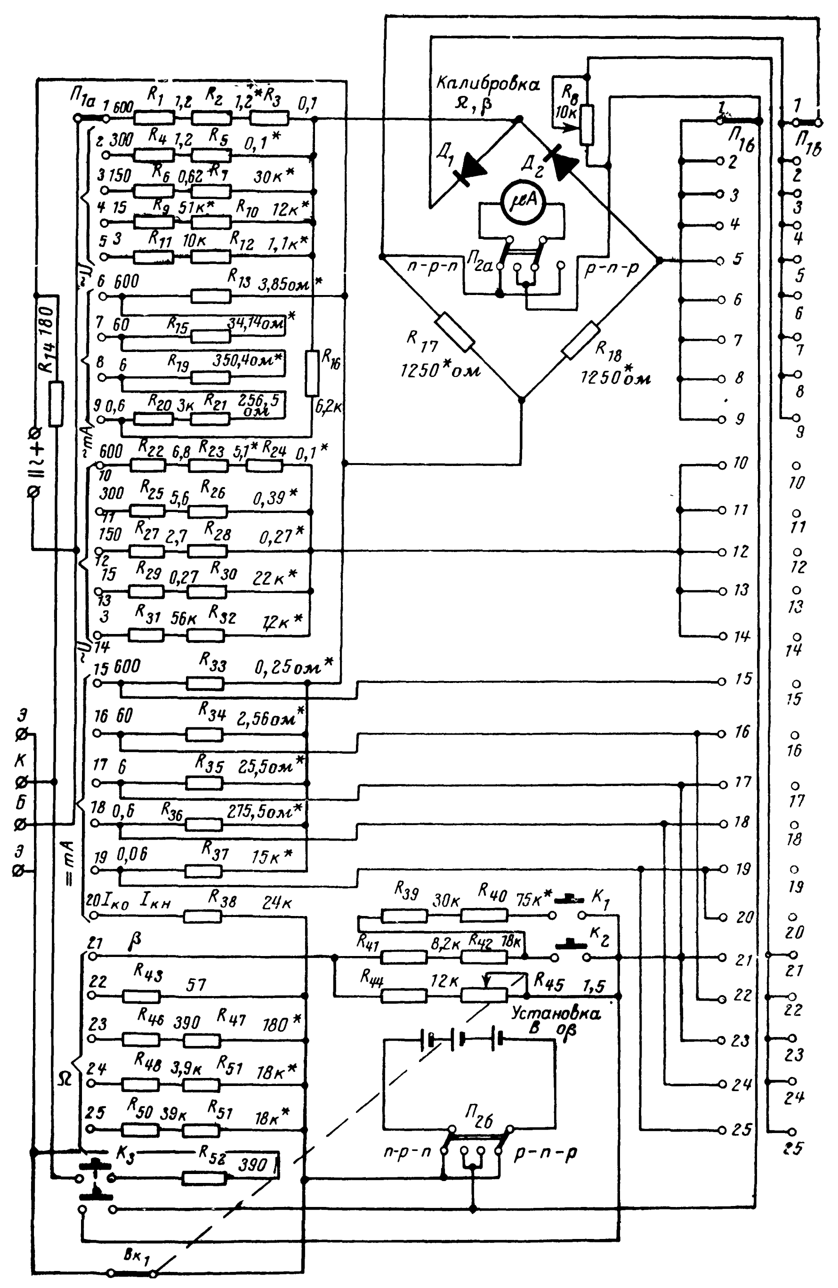


Рис 17. Принципиальная схема прибора ИТТ-1М

тока на другой, так как в момент перехода при выключении шунта выключается и индикатор. Кроме того, такой способ включения удобен еще и тем, что нарушение контакта в каком-либо из соединений шунта на том или ином пределе измерений тока не влечет за собой утери работоспособности прибора на остальных пределах измерений, а разрыв цепи шунта не вносит погрешностей при измерениях других величин. Цепь миллиамперметра переменного тока имеет универсальный шунт.

Измерение постоянного напряжения на различных пределах осуществляется стрелочным индикатором путем подсоединения к нему индивидуальных для каждого предела измерений добавочных сопротивлений. При изготовлении прибора их нужно выбрать, соединяя последовательно два резистора, суммарное сопротивление которых должно соответствовать расчетной величине.

Применение такой системы коммутации шунтов и добавочных сопротивлений дает возможность использовать полную чувствительность стрелочного индикатора и тем самым добиться высокого входного сопротивления вольтметра при измерениях постоянного напряжения. Поскольку время успокоения примененного индикатора невелико, то включение шунтирующего резистора при измерениях напряжения нецелесообразно, так как оно снизило бы чувствительность прибора.

Для предотвращения шунтирования индикатора выпрямительными диодами $Д_1$ и $Д_2$ во время измерения постоянного напряжения коммутация прибора выполнена таким образом, чтобы диоды подключались к измерительной головке только во время измерения переменных напряжения и тока. При всех других видах измерений детекторная система отключена от цепи измерителя.

Уравнивающий резистор R_{17}, включенный в диагональ мостовой выпрямительной системы, при разных видах измерений выполняет различные функции. Кроме своего основного назначения, он является ограничительным при измерении обратного тока коллекторного перехода и начального тока коллектора, а также служит делителем напряжения на участке цепи измерителя. Это позволяет использовать один и тот же реостат для установки нуля на всех пределах измерений сопротивлений и калибровки прибора при измерении коэффициента усиления $B_{ст}$ транзисторов. При измерении переменных тока и напряжения R_{17} составляет одно из плеч моста.

Испытуемый транзистор в схеме измерений управляется током, поэтому некоторое снижение напряжения батареи питания приводит к уменьшению тока базы (при неизменных сопротивлениях резисторов R_{39}—R_{42}, с помощью которых достигается прирост тока базы во время измерения статического коэффициента усиления транзистора по току). Это уменьшение компенсируется повышением чувствительности измерительной системы, включенной в цепь коллектора. Таким образом, возможность калибровки прибора перед измерениями сопротивлений и коэффициентов усиления транзисторов по току устраняет дополнительные погрешности, вносимые вследствие изменения напряжения питающей батареи.

При измерении статического коэффициента усиления испытуемый транзистор включают по схеме с общим эмиттером. Усилительные свойства транзистора определяются отношением приращений токов коллектора и базы.

Так как начальный участок характеристики нелинейный, то снимать отсчет по равномерной шкале не представляется возмож-

ным. Для получения более точных показаний нуль шкалы β перенесен правее нуля шкал измерения токов и напряжений (0,5 *ма* при шкале 6 *ма* с учетом компенсации), что позволяет измерять параметры на прямолинейном участке характеристики транзистора.

Для предохранения транзистора от повреждения на его базу через переменный резистор R_{45} подается небольшое запирающее напряжение. Прирост тока базы на определенную величину достигается введением в ее цепь резисторов R_{41}, R_{42} или R_{40}, R_{41} нажатием кнопки K_1 (K_2), благодаря чему становится возможным снимать отсчет непосредственно в единицах коэффициента усиления по соответствующей шкале с учетом перерасчета в зависимости от предела измерения.

Ограничительные резисторы R_{14}, R_{44} предохраняют от повреждения стрелочный индикатор в случае пробоя переходов или неправильного подключения выводов транзистора к схеме прибора Выключатель $Bк_1$, сопряженный с переменным резистором R_{45}, служит дополнительным элементом блокировки и коммутации при измерениях параметров транзисторов. Он дает возможность выключать цепь эмиттера при измерениях коэффициента усиления и обратного тока коллекторного перехода и включать ее при измерениях начального тока коллектора, обеспечивая короткое замыкание между выводами эмиттера и базы.

При измерениях параметров транзисторов прибор потребляет незначительный ток. Установка нуля при измерении статического коэффициента усиления производится при малом токе в цепи коллектора, что выгодно не только с точки зрения экономии энергии источника питания, но и с точки зрения уменьшения количества органов управления Установка нуля шкал сопротивлений и коэффициентов усиления по току осуществляется с помощью одного переменного резистора, а отсчет измеряемой величины — при нажатии одной из кнопок K_1, K_2.

При измерениях обратного тока коллекторного перехода и начального тока коллектора погрешность измерений зависит от класса выбранного стрелочного индикатора, так как включенные в измерительную цепь ограничительные резисторы вследствие прохождения через них незначительного тока практически не оказывают влияния на правильность показаний прибора во время этих измерений.

Для обеспечения возможности измерения параметров транзисторов типа *p-n-p* и *n-p-n* в приборе предусмотрена коммутация полярности источника питания и стрелочного индикатора с помощью переключателя $П_2$, ручка которого выведена на лицевую панель прибора.

Конструкция и настройка прибора. Прибор собран из стандартных деталей, за исключением некоторых, изготовленных самостоятельно.

В качестве детекторной системы, подключаемой к индикатору при измерениях переменных токов и напряжений, использованы диоды типа Д2Б (Д2Е), кнопки K_1, K_2, K_3 можно применить покупные или самодельные. Переключатель полярности батареи и индикатора применен от транзисторного приемника. Переменный резистор R_{45}, сопряженный с выключателем, желательно использовать малогабаритный, однако можно воспользоваться переменным резистором типа ТК-0,5; переменный резистор R_8 типа СП. Добавочные резисторы типа МЛТ-0,5. Проволочные шунты надо

намотать константановым или манганиновым проводом на высокоомных (более 150—200 *ком*) резисторах типа МЛТ или ВС. Диаметр провода 0,8—0,1 *мм* в зависимости от сопротивления шунта (меньшей величине сопротивления соответствует больший диаметр провода).

На переднюю панель прибора необходимо установить все ручки управления, сделать соответствующие надписи, после чего покрыть панель бесцветным лаком с помощью кисти или пульверизатором.

Для уменьшения размеров прибора в качестве источника пи-

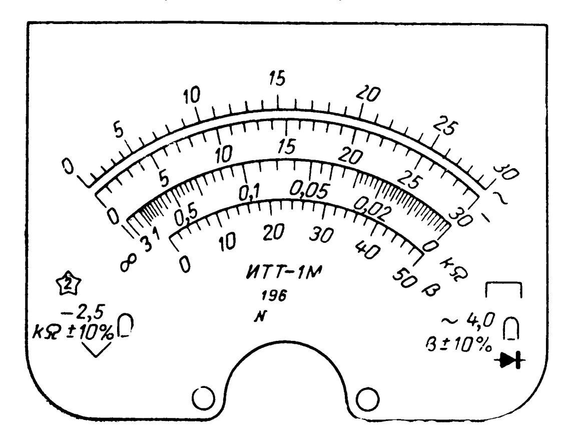


Рис. 18. Шкала прибора

тания используется батарея из трех элементов типа 1,3-ФМЦ-0,25, соединенных последовательно и установленных внутри корпуса размерами 165×100×55 *мм*. Корпус прибора изготовлен из пластмассы. Его можно изготовить также из дерева, алюминия или другого материала. Вес прибора в этом случае не превысит 0,8 *кг* Шкала прибора изображена на рис. 18,*а* Внешний вид прибора — на рис. 19.

После окончательной сборки прибора надо проверить правильность монтажа и только после этого приступить к настройке. Регулировка прибора заключается в подборе сопротивлений добавочных резисторов и подгонке сопротивлений шунтов путем сопоставления показаний изготовленного прибора с показаниями образцового прибора промышленного изготовления. Затем регулируют систему калибровки Для настройки испытателя транзисторов желательно проверить один транзистор на эталонном промышленном приборе, после чего при налаженной системе калибровки производить измерения на изготовленном приборе и подбором сопротивлений резисторов R_{39} и R_{42} добиться одинаковых показаний обоих приборов.

Учитывая некоторые особенности прибора, необходимо при различных видах измерений руководствоваться следующими требованиями. При измерении напряжений и токов переключатель типа транзистора должен находиться в положении *p-n-p*. Поставив переключатель рода работ в положение, соответствующее выбранному пределу, производят измерение тока или напряжения.

Следует отметить, что при введении универсального шунта в цепь индикатора при измерении переменных токов и напряжений чувствительность индикатора уменьшится. Учитывая это обстоятельство, при настройке прибора рациональнее всего сначала подобрать сопротивления резисторов, входящих в универсальный шунт для измерений переменного тока, а после этого приступать к подбору добавочных сопротивлений. Ввиду возможного разброса параметров диодов, входящих в выпрямительную систему, как правило, этот подбор производится в индивидуальном порядке с

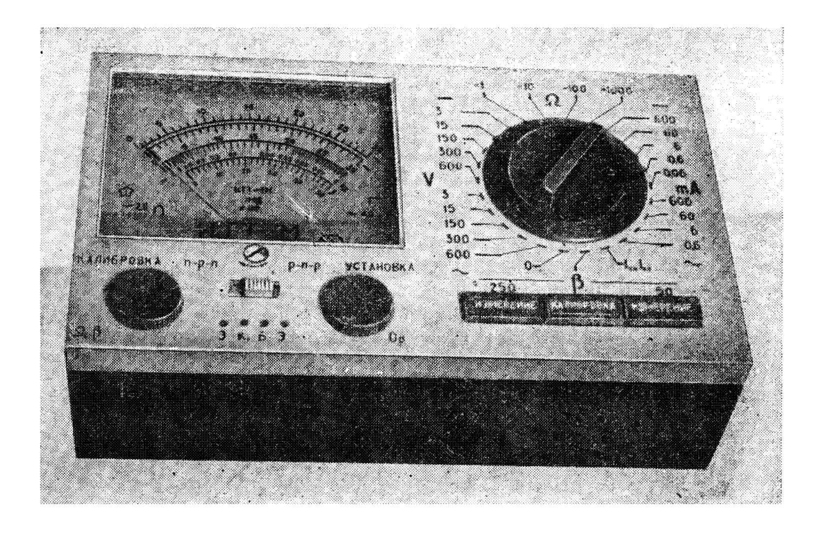


Рис. 19 Внешний вид прибора ИТТ-1М.

помощью подгонки нужных сопротивлений шунта и добавочных резисторов. Для этой операции удобно воспользоваться образцовым многопредельным вольтметром и миллиамперметром переменного тока.

Сопротивления шунтов для миллиамперметра постоянного тока следует также подбирать при настройке для уменьшения погрешностей показаний прибора. Такую настройку следует производить на каждом пределе измерений, когда уже все элементы установлены, для того, чтобы учесть сопротивления монтажных проводов, а также переходные сопротивления контактов переключателя.

Правила измерений. Прибор прост в обращении, и работа с ним не представляет особенных трудностей. Однако с целью сохранения длительного срока службы и надежности в работе он требует к себе бережного отношения, поэтому во избежание выхода из строя какого-либо узла, входящего в состав прибора, необходимо руководствоваться следующими правилами проведения различных измерений.

Измерение тока. Переключатель типа транзистора поставить в положение *p-n-p*, а переключатель рода работ установить в положение, соответствующее примерному значению измеряемого тока. После этого с помощью измерительных шунтов включить прибор последовательно в исследуемую цепь. Отсчет измеряемой величины производится по шкале с обозначением «=» при измерениях постоянного тока или по шкале с обозначением «~» при измерениях переменного тока.

Измерение напряжения. Переключатель типа транзистора установить в то же положение, что и при измерениях тока, а переключатель рода работ — в положение, соответствующее выбранному предельному значению измеряемой величины напряжения. После этого с помощью измерительных щупов присоединить прибор параллельно участку цепи, напряжение на котором надо измерить. Измеряемая величина отсчитывается по той же шкале, что и при измерении токов, соответственно для постоянных и переменных напряжений.

Особенностью прибора является то, что при измерениях постоянного тока и напряжения в случае подключения соединительных проводов без соблюдения полярности менять щупы местами не обязательно, достаточно только установить переключатель типа транзистора в другое положение. Этим достигается перемена полярности подключения индикатора. Однако при измерениях переменных токов и напряжений менять положение этого переключателя не следует, так как это нарушает режим работы выпрямительной системы и может привести в негодность измерительный механизм прибора.

Измерение сопротивления постоянному току. Переключатель пределов измерений установить в положение, соответствующее порядку измеряемого сопротивления («×1», «×10» и т. д.). Поворотом ручки переменного резистора R_8 при короткозамкнутых щупах установить стрелку прибора на нулевую отметку шкалы омметра. Это дает возможность компенсировать снижение напряжения батареи питания. Диапазон регулировки рассчитан на изменение напряжения источника от 3 до 4,5 *в*. Если калибровочным реостатом установить стрелку прибора на нулевое деление шкалы не удается, то это свидетельствует о том, что источник питания разрядился и его следует заменить. После указанной регулировки щупы необходимо подключить к измеряемому элементу или обесточенной цепи, сопротивление которых надо определить. Показание прибора определяется путем снятия отсчета со шкалы с учетом множителя.

Измерение статического коэффициента усиления маломощных транзисторов по току. Переключатель пределов измерений поставить в положение β, а переключатель типа транзистора — соответственно измеряемому типу. При нажатой кнопке калибровки K_3 вращением ручки переменного резистора R_8 установить стрелку индикатора в крайнее правое положение. Затем подключить транзистор и установить нуль шкалы β с помощью переменного резистора R_{45}. Нажатием на одну из кнопок K_1, K_2 дается прирост тока базы и снимается отсчет статического коэффициента усиления по соответствующей шкале.

Измерение обратного тока коллекторного перехода и начального тока коллектора. Для измерения обратного тока коллекторного перехода переключатель

рода работ установить в положение $I_{к.о}$, $I_{к.н}$ при выключенном положении выключателя, сопряженного с переменным резистором R_{45}. Для измерения начального тока коллектора эта цепь должна быть включена, что обеспечивает короткое замыкание между выводами эмиттера и базы. Отсчет снимается непосредственно по шкале прибора.

ПРИБОР ДЛЯ ПРОВЕРКИ СТРЕЛОЧНЫХ ИНДИКАТОРОВ

Назначение и характеристики прибора. С помощью этого малогабаритного прибора можно проверять, градуировать, настраивать и регулировать различные измерительные приборы. Кроме того, с его помощью можно исследовать различные цепи радиоаппаратуры, выполненной на транзисторах и электронных лампах.

Возможность регулировки тока в пределах 0,05—500 *ма* и напряжения в пределах 0,1—25 и 25—250 *в* позволяет использовать прибор для снятия нагрузочных характеристик, зарядки аккумуляторов небольшой емкости и проверки режимов работы каскадов, работающих на лампах и транзисторах. При этом с помощью стрелочного индикатора можно контролировать ток и напряжение, действующие в исследуемой цепи. Прибор может быть использован также как пробник (омметр) для проверки как низкоомных, так и высокоомных цепей.

С помощью прибора можно измерять ток и поверять индикаторы в пределах: 0—100 *мка*, 0—500 *мка*, 0—1 *ма*, 0—5 *ма*, 0—50 *ма*, 0—500 *ма* и напряжения: 0,2—0,5, 0—1, 0—5, 0—10, 0—20 и 25—250 *в*. С помощью прибора можно питать различные низковольтные цепи при исследованиях полупроводниковых приборов, а также снимать их нагрузочные характеристики при различных напряжениях. Возможность визуального наблюдения за изменением тока и напряжения в исследуемых цепях позволяет фиксировать эти значения и строить соответствующие графики, что необходимо при исследованиях режимов работы того или иного радиоэлектронного устройства.

Схема и принцип работы прибора. Принципиальная схема прибора приведена на рис. 20. Трансформатор $Тр_1$ намотан на сердечник с площадью поперечного сечения 16×32 *мм*². Все обмотки намотаны проводом типа ПЭВ. Обмотка *I* содержит 1 320 витков провода толщиной 0,48 *мм*, обмотка *II* — 1 500 витков 0,18 *мм*, обмотка *III* — 38 витков 0,75 *мм*, обмотка *IV* — 270 витков 0,18 *мм*, обмотка *V* — 90 витков с отводами от 48 и 66 витков 0,43 *мм*. Обмотка *II* используется в цепи выпрямителя, состоящего из четырех диодов типа Д226Б. Для уменьшения броска тока в момент заряда конденсатора C_3 (что может пагубно отразиться на диодах) в цепь выпрямителя включен ограничительный резистор R_1. Благодаря использованию схемы двухполупериодного выпрямителя и эффективного сглаживающего фильтра пульсации напряжения сильно ослаблены, что позволяет использовать прибор не только для проверки стрелочных индикаторов, но и для питания аппаратуры на транзисторах и электронных лампах.

Выпрямитель для питания анодных цепей собран по мостовой схеме с применением П-образного фильтра, состоящего из конденсаторов C_2 и C_3 и резистора R_3. Анодное напряжение стабилизировано с помощью стабилитронов СГ1П и СГ2П. Напряжение с их выхода поступает на переменный резистор R_{11}, которым мож-

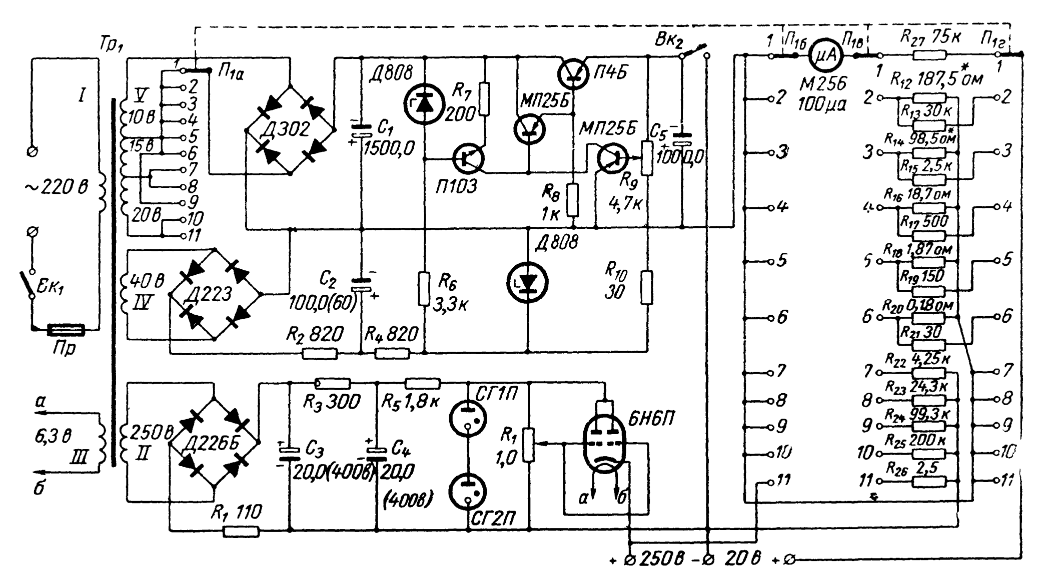


Рис. 20. Принципиальная схема прибора для проверки стрелочных индикаторов.

но регулировать напряжение на управляющей сетке лампы 6Н6П. Это позволяет регулировать выходное напряжение в пределах 25—250 *в*. Низкое напряжение также стабилизировано. Минимальное выходное напряжение составляет 0,3 *в*.

Переменные резисторы R_9 и R_{11} должны быть хорошего качества, некоторое отклонение от указанных на схеме величин сопротивлений (4—5%) допустимо, однако для обеспечения плавной регулировки не следует брать их величины слишком большими. Очень важным элементом прибора является стрелочный индикатор, к выбору которого следует отнестись особенно серьезно, так как этот индикатор будет служить в качестве образцового и от верности его показаний будет зависеть эффективность работы установки в целом. Лучше всего для этой цели применить индикатор с зеркальной шкалой класса 0,5—1,0, например индикатор типа М-1794 или М-94

Переключателем рода работ и пределов измерений служит переключатель галетного типа. Как видно из схемы, для того чтобы прибор можно было использовать как авометр, предусмотрена соответствующая коммутация добавочных резисторов и шунтов. Чтобы снизить как можно меньше падение напряжения в цепи измерителя при использовании прибора как миллиамперметра, а также использовать полную чувствительность примененного индикатора, цепь миллиамперметра на различных пределах измерений имеет отдельные шунты. Для обеспечения необходимой блокировки коммутация осуществляется таким образом, чтобы исключить возможность повреждения стрелочного индикатора при переходе с одного предела измерений на другой. Кроме того, с целью ограничения предельного тока при использовании прибора для проверки миллиамперметров к индикатору подключаются соответствующие резисторы.

Настройка и конструкция прибора. При выборе и подгонке отдельных элементов схемы особое внимание следует обратить на правильную подгонку сопротивлений шунтов и добавочных резисторов. Шунты необходимо наматывать индивидуально и подгонять их сопротивления тогда, когда схема уже собрана и все элементы установлены. Для этой цели надо воспользоваться образцовым прибором, по которому и проверять правильность показаний индикатора на всех пределах измерений. Наматывать шунты удобно на корпусе высокоомных резисторов типа ВС проводом из манганина или константана. Надо иметь при этом в виду, что чем меньшее сопротивление шунта требуется, тем более толстый провод следует применить для его изготовления. В данном приборе применен провод диаметром 0,2—0,8 *мм*. Добавочные резисторы к вольтметру необходимо подобрать типа ВС или МЛТ с достаточной точностью. Если резистор с нужным сопротивлением подобрать не удается, то можно включить последовательно несколько резисторов, чтобы их суммарное сопротивление позволило достичь нужной точности показаний вольтметра.

Величина выходного напряжения контролируется тем же индикатором при соответствующей коммутации переключателем $П_1$, в результате чего к индикатору подключается соответствующий добавочный резистор

Прибор собран из стандартных деталей. Корпус, шасси и шунты необходимо изготовить самостоятельно. Внешний вид прибора приведен на рис. 21. Основные элементы управления прибором

выведены на переднюю панель. В случае отключения индикатора от системы питания прибор можно использовать как обычный миллиамперметр или вольтметр постоянного тока.

Правила измерений. При измерениях с помощью этого прибора следует руководствоваться следующими рекомендациями. При необходимости определения тока полного отклонения стрелки испытуемого индикатора в зависимости от его чувствительности в измерительную цепь включается ограничительный резистор, сопротивление которого тем больше, чем больше чувствительность индикатора. Посредством электронного регулятора до минимума

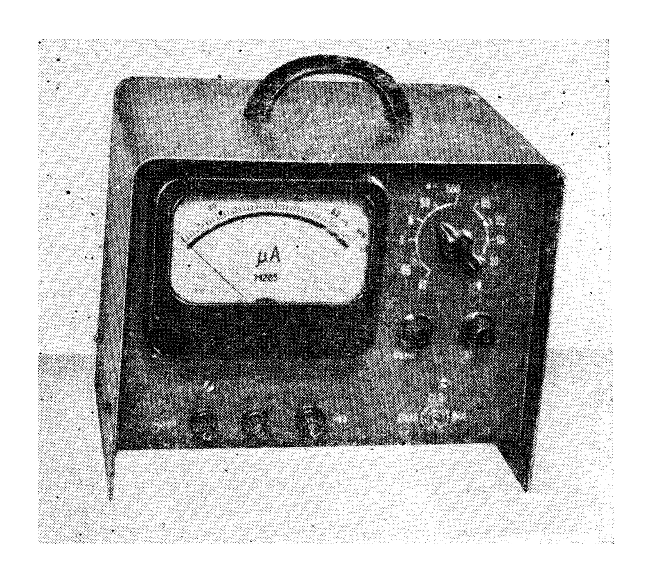


Рис. 21. Внешний вид прибора для проверки стрелочных индикаторов.

уменьшается выходное напряжение прибора. Начинать испытания надо при полностью выведенном сопротивлении переменного резистора R_9, т е. при наименьшем напряжении на выходе низковольтного выпрямителя. Затем переключатель рода работ и пределов измерений следует установить в соответствующее положение шкалы миллиамперметра и плавным поворотом ручки переменного резистора увеличить напряжение, действующее в цепи, при котором стрелка испытуемого индикатора отклонится на некоторый угол. При этом надо следить за показаниями контрольного индикатора, установленного на приборе, и при необходимости перейти на другой предел измерений с таким расчетом, чтобы можно было снимать отсчет в правой половине шкалы. Следует отметить, что при измерении низких напряжений на задней стенке прибора можно установить дополнительный переменный резистор, который позволит значительно уменьшить напряжение на выходе низковольтного

выпрямителя. В остальном порядок работы такой же, что и при измерениях тока.

Сопротивление рамки стрелочного индикатора прибором измерять не следует вследствие сравнительно большого напряжения, действующего в цепи. Однако, зная два параметра — ток и напряжение полного отклонения стрелки индикатора, можно определить его внутреннее сопротивление по закону Ома:

$$R_i = \frac{U_{п.о}}{I_{п.о}},$$

где R_i — сопротивление рамки прибора; $U_{п\,о}$ — напряжение полного отклонения стрелки прибора; $I_{п\,о}$ — ток полного отклонения стрелки прибора.

Изготовление прибора не представляет особых трудностей, зато он значительно облегчит работу при наладке, юстировке, а также настройке различных электронных устройств.

ЛАМПОВЫЙ ВОЛЬТОММЕТР

Назначение и характеристики прибора. Для подготовленных радиолюбителей, занимающихся ремонтом и настройкой радиоаппаратуры, можно рекомендовать изготовление лампового вольтомметра, схема которого изображена на рис. 22. Этот прибор представляет собой многопредельный вольтоммегр, собранный на лампе 6Н1П и обладающий высоким входным сопротивлением (около 12 *Мом*). Это позволяет измерять напряжения в различных цепях радиоаппаратуры без нарушения режима их работы, например на управляющих сетках ламп, в цепи базы транзистора, на нагрузке детектора и т. д. При помощи омметра можно измерять сопротивления в широких пределах с достаточной для практических целей точностью.

Прибор позволяет измерять постоянные и переменные напряжения в диапазоне 10 *гц* — 100 *кгц* в пределах от 0,1 до 1 000 *в* и сопротивлений от 0,2 *ом* до 100 *Мом*. Пределы измерений напряжений и сопротивлений разбиты на шесть поддиапазонов: 1, 10, 50, 250, 500, 1 000 *в* и ×1, ×10, ×100, ×1 000, ×10 000, ×100 000 *ом* для того, чтобы при измерениях любых величин напряжений и сопротивлений можно было снимать отсчет на участке шкалы, обеспечивающем минимальную погрешность.

Мощность, потребляемая прибором, не превышает 20—25 *вт*.

Схема и принцип работы прибора. В состав прибора входят делитель напряжения, усилитель постоянного тока и стабилизированный источник питания. Для измерения переменного напряжения предусмотрена детекторная система, которая подключается к входной цепи делителя напряжения. В качестве детектора служит диод типа Д1003А. Цепь омметра питается от низковольтного выпрямителя, собранного по двухполупериодной мостовой схеме на диодах типа Д304.

Делитель напряжения (общий для измерений постоянного и переменного напряжений) состоит из резисторов R_2—R_8, суммарное сопротивление которых составляет 12 *Мом* и определяет величину входного сопротивления вольтметра при измерении постоянного

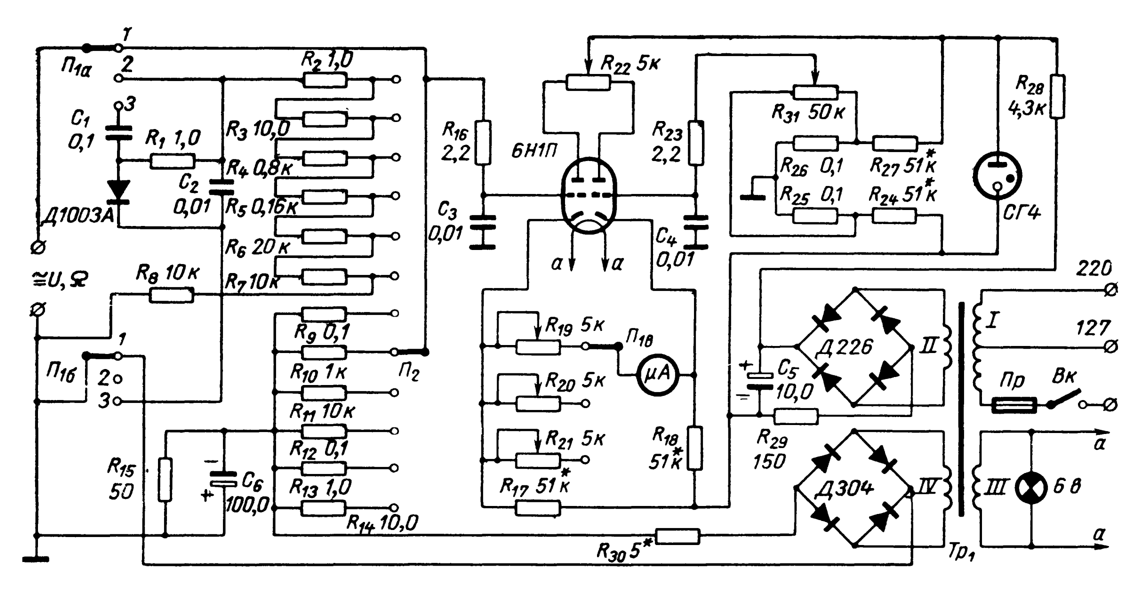


Рис. 22. Принципиальная схема лампового вольтметра.

напряжения. При измерениях переменного напряжения входное сопротивление несколько меньше.

Усилитель постоянного тока собран по мостовой схеме и работает в режиме А. Два плеча моста образованы двойным триодом, а два других — резисторами R_{17} и R_{18}, включенными в катодные цепи триодов. В диагональ моста включены измерительный прибор и калибровочные резисторы R_{19} — R_{21}. На переднюю панель выведена ручка только одного переменного резистора R_{19}, который служит для калибровки прибора при измерениях сопротивлений.

Мостовая схема позволяет использовать любой стрелочный индикатор с током полного отклонения не более 1 *ма*. Необходимо напомнить, что применение в качестве индикатора прибора низкого класса точности нецелесообразно, поскольку в этом случае трудно добиться хороших качественных показателей вольтметра. В данной схеме применен индикатор типа М265 класса точности 1,5 с током полного отклонения 100 *мка*.

Поскольку основная нагрузка включена в катодную цепь лампы, то схема оказывается охваченной глубокой отрицательной обратной связью по току. Это повышает линейность характеристик и уменьшает влияние сеточных токов на работу усилителя. Таким образом, становится возможным получить линейную шкалу при измерениях напряжений и добиться минимальной погрешности этих измерений при колебаниях величины напряжения питающей сети.

С помощью переменного резистора R_{22} устанавливают нуль вольтметра, изменяя соотношение плеч моста. Измеряемое напряжение прикладывается к сетке левого триода лампы. Изменение напряжения на управляющей сетке триода вызывает изменение тока в цепи анода, что приводит к разбалансировке моста, в диагональ которого включен стрелочный индикатор, фиксирующий изменение тока. Величина этого изменения тока прямо пропорциональна величине измеряемого напряжения, так как внутреннее сопротивление лампы изменяется по линейному закону.

Для упрощения конструкции и уменьшения размеров прибора при измерении переменного напряжения применена простейшая детекторная система. Однако можно применить и более сложную выпрямительную систему, например с ламповым диодом, которую обычно используют в промышленных ламповых вольтметрах. Такое усовершенствование позволит несколько расширить частотный диапазон измеряемых переменных напряжений.

Прибор питается от стабилизированного выпрямителя. В качестве выпрямительных диодов в нем применены диоды типа Д226 (Д7Ж) для питания анодных цепей и диоды типа Д304 для питания цепи омметра. Стабилизатором напряжения служит стабилитрон типа СГ-4.

Конструкция и настройка прибора. Прибор собран из стандартных деталей, которые повсеместно имеются в продаже. Его корпус следует изготовить из дюралюминия или какого-либо другого металла. В качестве переключателя пределов измерения служит одноплатный переключатель на 12 положений. Можно использовать переключатель на меньшее число положений, уменьшив по своему усмотрению количество пределов измерений. Для переключателя рода работ применен переключатель галетного типа. Чтобы не загромождать переднюю панель прибора лишними органами управления, в качестве выключателя питания можно использовать вы-

ключатель, сопряженный с переменным резистором R_{22}, например типа ТК-0,5. Резисторы для делителя напряжения лучше всего применить типа МЛТ, подобрав их сопротивления с точностью 1—2%. Конденсаторы желательно использовать керамические. Для фильтров выпрямителей (C_5, C_6) можно применить любые электролитические конденсаторы соответствующих номиналов, первый на напряжение 450 *в*, второй — 20 *в*. Керамическую ламповую панельку необходимо установить на возможно большем удалении от трансформатора питания.

Трансформатор питания необходимо выбрать с таким расчетом, чтобы с его вторичных обмоток можно было получить следующие напряжения: 200—220 *в* для выпрямителя, питающего анодные цепи лампы, 6,3 *в* для питания цепи накала, 4,5 *в* для питания выпрямителя цепи омметра. Если готовый трансформатор подобрать не удастся, его можно изготовить самостоятельно. Для трансформатора используется сердечник из пластин Ш-19, толщина пакета 19 *мм*. Обмотка *I* содержит 2 600 витков (для питания от сети с напряжением 220 *в*) с отводом от 1 400-го витка (для подключения к сети 127 *в*) провода ПЭЛ 0,16. Обмотка *II* состоит из 2 700 витков провода ПЭЛ 0,12, обмотка *III* имеет 69 витков провода ПЭЛ 0,8 и обмотка *IV* — 55 витков провода ПЭЛ 0,8.

Напряжение, необходимое для питания омметра, снимается с делителя напряжения, состоящего из резисторов R_{15} и R_{30}. Эти резисторы должны быть проволочными с большим запасом по мощности (R_{30} служит для регулировки при настройке прибора).

Настройку прибора следует начинать с тщательной проверки правильности монтажа, после чего можно приступить к подбору лампы и калибровке прибора. Необходимо учесть, что стабильность нуля вольтметра и ток сетки сильно зависят от типа и экземпляра применяемой лампы. В усилителях постоянного тока лучше всего использовать лампы типа 6Н1П или 6Н2П, которые имеют сравнительно малый ток сетки. Для лампового вольтметра следует подобрать такой экземпляр лампы, у которого параметры обоих триодов идентичны и ток сетки мал.

Погрешности измерений постоянного напряжения прибором с подобранной лампой не правышают 2,5—3%, а погрешности измерений переменного напряжения — 3—5%.

При градуировке вольтметра переменного тока надо подобрать такое сопротивление резистора R_1, при котором можно было бы проградуировать шкалу прибора в эффективных значениях переменного тока, а дополнительную калибровку следует производить с помощью калибровочного переменного резистора R_{21}. Аналогично производится настройка вольтметра постоянного тока путем подбора сопротивлений резисторов R_2 и R_{20}. Шкалы вольтметра лучше всего градуировать, воспользовавшись источником стабилизированного напряжения, потенциометрическим делителем напряжения и образцовым астатическим вольтметром класса точности 0,5. Настройка прибора заключается в правильном подборе сопротивлений «эталонных резисторов» R_9 — R_{14}, а также в регулировке цепи питания вольтметра, состоящей из выпрямителя и резисторов R_{15} и R_{30}. Резистор R_{15} уменьшает внутреннее сопротивление источника питания цепи омметра, что положительно сказывается при измерениях малых сопротивлений. Шкалы омметра следует градуировать на одном из пределов измерений, например $\times 100$, воспользовавшись

магазином эталонных сопротивлений и сделав соответствующие отметки. При окончательной настройке дополнительная регулировка вольтметра может быть выполнена с помощью переменного резистора R_{31}.

Настройка схемы выпрямителя и стабилизации не представляет трудностей. Необходимое анодное напряжение устанавливается подбором сопротивления резистора R_{28}, включенного в анодную цепь лампы.

Правила измерений. После настройки и градуировки прибор пригоден к эксплуатации. Необходимо помнить, что электронный вольтметр, как и всякий другой чувствительный измерительный прибор, требует бережного и умелого обращения, так как только в этом случае может быть гарантирована надежность и долговечность его работы. Следует избегать перегрузок во время измерения той или иной величины, предварительно надо убедиться в правильности положения переключателя рода работ и пределов измерений. Выбирать предел измерений необходимо с таким расчетом, чтобы отсчет можно было снимать по возможности на правой половине шкалы. При измерениях сопротивлений исследуемые цепи надо обесточить и только после этого подсоединять измерительные щупы.

ВОЛЬТМЕТР НА ТРАНЗИСТОРАХ

Назначение и характеристики прибора. Для измерения напряжений в высокоомных цепях желательно иметь вольтметр, обладающий большим входным сопротивлением, с тем чтобы свести к минимуму шунтирующее влияние прибора на исследуемую цепь. Существует много различных вариантов электронных вольтметров, входное сопротивление которых более 10 *Мом*. Однако подобные приборы, как правило, выполнены на электронных лампах, имеют сравнительно большие размеры и довольно сложны по конструкции. Поэтому радиолюбителям, особенно начинающим, не всегда удается изготовить такой прибор.

Ниже приводится описание простой схемы вольтметра, обладающего высоким входным сопротивлением. Малые габариты, небольшое количество деталей, простота конструкции и надежность в работе выгодно отличают этот прибор от ламповых вольтметров.

В приборе предусмотрены следующие пределы измерения постоянного и переменного напряжения: 0—1, 0—10, 0—50, 0—250 и 0—500 *в*. При правильной регулировке усилителя и тщательном подборе добавочных сопротивлений погрешность показаний прибора не превышает 3—5%, что практически вполне достаточно при измерениях напряжений в цепях как ламповой аппаратуры, так и аппаратуры на транзисторах. Прибор может быть использован в качестве индикатора выхода, а также для измерения переменной составляющей анодного тока в ламповой аппаратуре либо коллекторного тока в аппаратуре на транзисторах. Для этой цели в нем предусмотрен отдельный входной зажим. Частотный диапазон измерения переменного напряжения от 15 *гц* до 25 *кгц*. Входное сопротивление при измерениях постоянного напряжения равно 100 *ком/в*, а при измерениях переменного напряжения 30—35 *ком/в*. Прибор питается от двух элементов типа ФМЦ, включенных последовательно.

Схема и принцип работы прибора. Схема прибора показана на рис. 23. Он состоит из двух основных частей: входного устройства и усилителя постоянного тока. Во входное устройство входят пере-

ключатели рода работ и пределов измерений с соответствующими добавочными сопротивлениями. Усилитель постоянного тока выполнен по мостовой схеме и снабжен стрелочным индикатором, в качестве которого применен микроамперметр типа М265. Полное отклонение стрелки микроамперметра достигается при токе 100 *мка*. Мостовая схема усилителя на двух транзисторах обладает более высокой стабильностью работы, чем схема усилителя на одном транзисторе. Потенциометры R_{14} и R_{19} необходимы для того, чтобы правильно отрегулировать усилитель и произвести балансировку

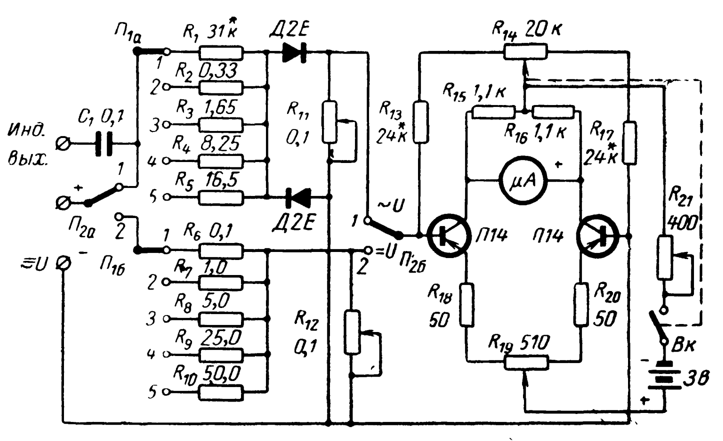


Рис. 23. Принципиальная схема вольтметра на транзисторах

моста. Этими потенциометрами удается уравнять токи в цепях коллекторов и баз обоих транзисторов.

Потенциометры R_{11} и R_{12} служат для регулировки чувствительности усилителя, а потенциометр R_{21} служит для подбора тока в цепях коллекторов при настройке прибора.

Конструкция и настройка прибора. Прибор монтируют в пластмассовом корпусе размерами 210×125×55 *мм*, на лицевой панели которого размещают все органы управления и устанавливают стрелочный индикатор. Потенциометры R_{11}, R_{12}, R_{19} и R_{21} монтируют внутри корпуса. Входные зажимы «≂*U*» и «+» служат для подсоединения к цепям постоянного и переменного тока. С помощью добавочного входного зажима *«Инд. вых»* можно в случае надобности определить наличие переменной составляющей в цепи, питающейся от источника постоянного тока, либо применить прибор как индикатор выхода. При этом переключатель рода работ $П_2$ должен находиться в положении *1* (*U*~) и нужно также следить, чтобы выбранный предел измерений соответствовал величине измеряемого переменного напряжения.

Переключение пределов измерений осуществляется переключателем $П_1$ галетного типа (две секции на пять положений). Переключатель $П_2$ необходим для переключения схемы прибора при измерениях постоянного или переменного напряжений. Для этой цели может служить любой малогабаритный двухсекционный переключатель на два положения. Выпрямитель состоит из двух диодов типа Д2Е. Постоянные резисторы — типа ВС или МЛТ.

Все элементы и узлы, входящие в состав прибора, монтируют внутри коробки, там же устанавливают и батарею питания На лицевую панель выводят только ручки переключателей $П_1$, $П_2$ и потенциометра R_{14}, который желательно выбрать типа ТК-0,5 (сопряженный с выключателем). Применение такого потенциометра позволяет уменьшить количество коммутирующих ручек, выводимых на лицевую панель прибора.

Усилитель собран на двух транзисторах типа П14 с коэффициентами усиления 30 и обратным током коллектора 1,5—2 *мка*.

При выборе транзисторов для усилителя нужно стремиться подобрать два экземпляра по возможности с одинаковыми электрическими параметрами Коэффициент усиления по току у каждого из применяемых транзисторов должен быть не более 40.

При настройке усилителя чувствительность его следует установить так, чтобы полное отклонение стрелки индикатора достигалось при токе 10 *мка*, подаваемом на вход усилителя. Регулировка чувствительности прибора при первоначальной настройке осуществляется при помощи потенциометров R_{11} и R_{12}.

Балансируют схему усилителя следующим образом. Базы транзисторов соединяют между собой проводником и, поворачивая ручку потенциометра R_{19}, устанавливают стрелку прибора на нуль Затем проводник, соединяющий базы транзисторов, убирают и, не трогая ручки потенциометра R_{19}, устанавливают нуль с помощью R_{14}. На этом балансировка заканчивается Ручку потенциометра R_{19} можно вывести на лицевую панель, а для замыкания баз транзисторов предусмотреть кнопку.

Режим работы усилителя выбран таким образом, чтобы измерения проводились на линейном участке характеристики транзисторов, это облегчает градуировку прибора и дает возможность при измерении постоянных напряжений снимать отсчет на равномерном участке шкалы. Градуировку шкал для измерения переменного напряжения лучше всего выполнить путем сравнения показаний прибора с показаниями образцового вольтметра.

Прибор прост по конструкции и в настройке. Правила обращения с ним немногим отличаются от правил обращения с обычным авометром. Нужно только помнить, что перед началом работы необходимо установить стрелку индикатора на нуль. После окончания работы цепь питания следует отключить во избежание преждевременной разрядки батареи.

Прибор может быть легко усовершенствован и дополнен новыми элементами, с тем чтобы расширить область его применения, например на его основе можно создать и многопредельный омметр. Вопрос о дальнейшем усовершенствовании прибора следует решить самому радиолюбителю в зависимости от степени его подготовленности, наличия деталей и предполагаемой области применения прибора.

В случае применения стрелочного индикатора другого типа, например М4204, М494 и др., размеры прибора могут быть значительно уменьшены.

ГЕНЕРАТОР ВЧ СИГНАЛОВ НА ТРАНЗИСТОРАХ

Назначение и характеристики прибора. При настройке и регулировке супергетеродинных приемников часто приходится настраивать как отдельные контуры, так и резонансные каскады. Для

выполнения этих работ требуется источник высокочастотных колебаний, частоту и уровень которых можно было бы изменять.

Прибор, описанный ниже, представляет простой генератор на трех транзисторах, позволяющий получить сигналы в диапазоне частот от 100 *кгц* до 20 *Мгц*, а при некотором усовершенствовании до 30 *Мгц*. В приборе предусмотрена регулировка уровня выходного сигнала в пределах 0—0,1 и 0—1 *в*, что значительно расширяет область применения этого генератора. Наличие в приборе генератора звуковой частоты позволяет применять прибор для проверки низкочастотных трактов радиоприемников, а также усилителей низкой частоты. Питается прибор от одной батареи типа КБС-0,5 напряжением 4,5 *в* или от трех соединенных последовательно элементов 1,3-ФМЦ-0,25. Ток, потребляемый прибором, не превышает 5—8 *ма*.

Схема и принцип работы прибора. Принципиальная схема прибора приведена на рис. 24. Высокочастотный генератор собран на транзисторе П403, что позволяет перекрыть указанный диапазон частот при включении транзистора по схеме с общим эмиттером.

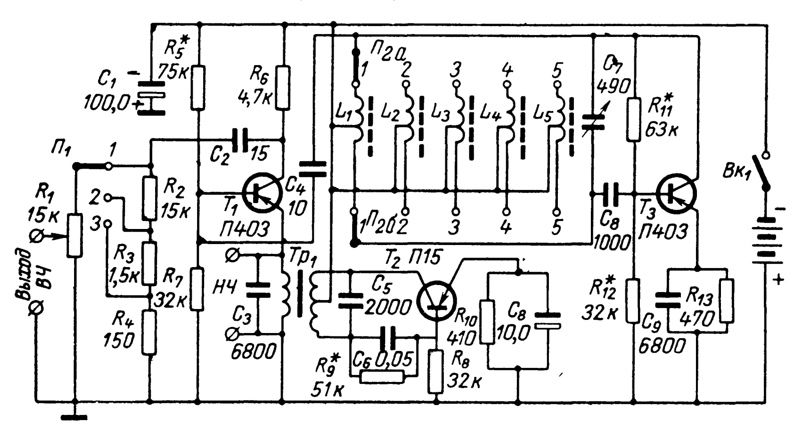


Рис. 24. Принципиальная схема генератора звуковой частоты.

При помощи переключателя $П_1$ осуществляется переход с одного поддиапазона на другой путем подключения к конденсатору настройки индуктивностей L_1 — L_5.

Оптимальный режим работы высокочастотного генератора в зависимости от усилительных свойств примененного транзистора устанавливается резисторами R_{11}, R_{12} и R_{13}. Для повышения стабильности работы прибора применена схема температурной стабилизации режима транзисторов. Высокочастотное напряжение снимается с коллектора транзистора T_1 и через конденсатор C_2 подается на делитель напряжения, состоящий из резисторов R_2 — R_4. Переменный резистор R_1 служит для плавной регулировки уровня выходного сигнала. Модуляция высокочастотных колебаний осуществляется с помощью генератора звуковой частоты, вторичная обмотка трансформатора которого включена в эмиттер транзистора усилителя колебаний ВЧ. Такой способ модуляции выгоден тем,

что позволяет добиться минимальных искажений модулируемого сигнала. Кроме того, такая схема включения позволяет использовать обычный выходной трансформатор от карманного приемника.

Режим работы генератора низкой частоты устанавливается резисторами R_8 и R_9. Частота генерируемых колебаний подбирается равной 400—600 *гц* с помощью емкости C_6. Подбором номиналов всех этих элементов, входящих в состав генератора низкой частоты, удается получить глубину модуляции около 30—35%. Предусмотрена также возможность подачи внешнего модулирующего сигнала (в этом случае необходимо поставить дополнительный выключатель, позволяющий выключать питание генератора НЧ).

Конструкция и настройка прибора. Контурные катушки намотаны на каркасы диаметром 8 *мм*, внутри которых находятся ферритовые сердечники. Обмоточные данные катушки следующие: L_1 — 570 витков провода ПЭШО 0,1 с отводом от 150 витка; L_2 — 390 витков провода ПЭШО 0,18—0,2 (если есть возможность, то лучше использовать литцендрат) с отводом от 57 витка, L_3 — 120 витков провода ПЭЛШО 0,28 с отводом от 36 витка, L_4 — 19,5 витков провода ПЭЛ 0,8 с отводом от 4,5 витка, L_5 — 9 витков провода ПЭЛ 1,0 с отводом от 3 витка. Первые три катушки многослойные, остальные намотаны в один слой. Конденсатор настройки желательно применить с воздушным диэлектриком. Переключатель $П_1$ — галетного типа.

Для высокочастотного генератора следует применить транзистор П403 или любой другой, имеющий предельную частоту генерации 150—200 *Мгц*. Генератор звуковой частоты собран на транзисторе типа П15 с коэффициентом усиления по току не менее 20—25 и обратным током коллекторного перехода не более 15 *мка*. Можно использовать и другой тип транзистора, однако следует учесть эти рекомендации.

Настройка прибора заключается в правильном подборе режимов работы обоих генераторов. Прежде всего следует настроить генератор звуковых колебаний, при настройке которого питание высокочастотного генератора надо отключить. Проверить наличие генерации можно с помощью лампового вольтметра или НЧ усилителя, подключив их к выводам вторичной обмотки трансформатора. Изменить частоту колебаний можно с помощью конденсатора C_3, включенного параллельно вторичной обмотке трансформатора. Сопротивление резистора R_9 должно быть таким, чтобы напряжение на выходе генератора было стабильно по величине и по форме близко к синусоидальному.

После настройки звукового генератора можно приступить к настройке генератора ВЧ. Прежде всего необходимо установить наиболее выгодный режим работы транзистора T_3, при котором генерация не срывалась бы ни на одном из поддиапазонов. Этого можно добиться подбором сопротивлений резисторов R_{11} и R_{12}, а также R_{13}. При сборке прибора необходимо особое внимание обратить на размещение контурных катушек, конденсатора переменной емкости и транзисторов. Их надо расположить так, чтобы все высокочастотные узлы и соединительные провода были в одной части прибора. Провода не должны быть длинными и расположенными параллельно один другому. Это необходимо для предотвращения возникновения паразитных связей и для уменьшения емкости монтажа. Высокочастотный блок желательно экранировать,

а выходной сигнал генератора подводить к настраиваемому радиоустройству коаксиальным кабелем.

После настройки генератора ВЧ можно приступить к настройке контуров с таким расчетом, чтобы добиться перекрытия диапазона частот от 100 *кгц* до 20 *Мгц*. Один из наиболее важных этапов работы — настройка прибора и его градуировка, поэтому производить их надо особенно тщательно. Первоначальная настройка осуществляется с помощью изменения числа витков контурных катушек индуктивности. Более тонкая настройка ведется изменением положения ферритовых сердечников внутри катушки.

Рис. 25. Схема индикатора уровня выходного сигнала.

Настройку и градуировку прибора можно выполнить с помощью хорошо налаженного приемника. Сигнал с выхода генератора ВЧ подать на вход приемника и, подобрав соответствующие величины напряжения выходного сигнала и глубины модуляции, настроить контуры ВЧ генератора. Порядок работ следующий: настроить первый поддиапазон, получив перекрытие частоты от 100 до 300 *кгц*, затем второй — от 300 до 900 *кгц*, третий — от 900 *кгц* до 2,7 *Мгц*, четвертый — от 2,7 до 9 *Мгц* и пятый — от 8,1 до 20 *Мгц*. Прохождение сигнала прослушивается с помощью приемника, настроенного на частоту колебаний ВЧ генератора. Очень удобно настраивать прибор, применив гетеродинный волномер, который позволяет проградуировать все поддиапазоны с большой точностью. При градуировке шкалы соответствующие цифровые значения следует нанести после окончательной градуировки всех поддиапазонов генератора.

При настройке прибора уровень выходного сигнала надо контролировать ламповым вольтметром (подбором сопротивлений резисторов R_2 — R_4 устанавливают этот уровень около 1—1,2 *в*). Прибор можно несколько усовершенствовать, введя в выходную цепь ВЧ сигнала стрелочный индикатор, с помощью которого можно контролировать его уровень. В качестве такого индикатора, схема которого изображена на рис. 25, можно применить микроамперметр типа М592 с током полного отклонения стрелки 50 *мка*.

Если в приборе по каким-либо причинам не предусмотрена внутренняя модуляция, то для подачи модулирующего напряжения можно собрать очень простой генератор НЧ, схема которого приведена на рис. 26. Он состоит из двух транзисторов, первый из которых работает в режиме генерации, а второй в режиме усиления НЧ. Частота генерации определяется номиналами резисторов и конденсаторов, образующих фазосдвигающие цепочки. Их надо выбрать такими, чтобы частота колебаний была равна 1 *кгц*, а их форма близка к синусоидальной. Усилитель НЧ сигнала собран по схеме с общим эмиттером. Выходной сигнал снимается с коллекторной нагрузки резистора R_{10}. Регулировки выходного сигнала осуществляются переменным резистором R_7 Переменный резистор R_5 служит для подбора режима работы генератора. Эта регулиров-

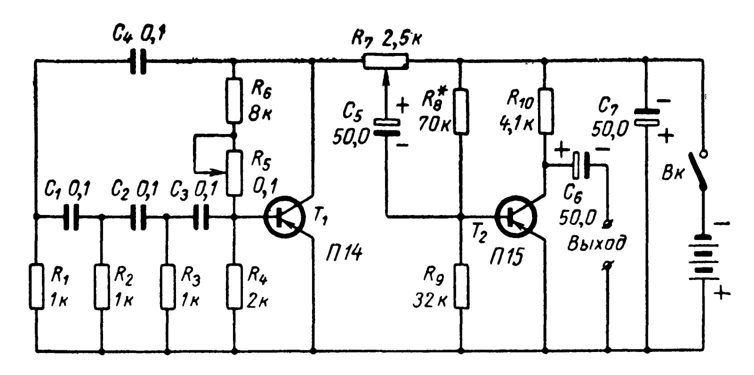


Рис. 26 Принципиальная схема генератора звуковой частоты.

ка применяется только при настройке прибора, поэтому ручка этого резистора на лицевую панель прибора не выводится Такой генератор с успехом можно применять при исследовании низкочастотного тракта приемных устройств или усилителей низкой частоты. Учитывая простоту конструкции прибора, его может изготовить и начинающий радиолюбитель для использования при изучении азбуки Морзе.

ГИР НА ТРАНЗИСТОРАХ

Назначение прибора. Большой популярностью у радиолюбителей пользуются различные варианты гетеродинных индикаторов резонанса, наличие которых значительно облегчает проведение наладочных и настроечных работ, особенно в супергетеродинных приемниках. Из большого количества приборов аналогичного назначения радиолюбителями отдается предпочтение малогабаритным устройствам, выполненным на транзисторах.

Схема и принцип работы прибора. На рис 27 приведена схема простого гетеродинного индикатора резонанса, выполненного на двух транзисторах. Благодаря простоте конструкции, требующей незначительного количества комплектующих деталей, прибор легко может быть построен начинающими радиолюбителями.

Принцип работы прибора заключается в следующем. Высокочастотный генератор, выполненный на транзисторе П403, настраивается на ту или иную частоту переменным конденсатором C_2 (при включенной одной из набора катушек $L_1 - L_4$). Полученные при этом высокочастотные колебания сначала детектируются и затем усиливаются однокаскадным усилителем, выполненным на транзисторе П15, в коллекторную цепь которого включен стрелочный индикатор. При наличии генерации стрелка индикатора отклоняется, причем угол отклонения зависит от величины высокочастотного сигнала, излучаемого генератором. Если катушку контура гетеродина индуктивно связать с каким-нибудь иным контуром, то при настройке гетеродина на частоту, которая совпадает с собственной частотой испытуемого контура, наблюдается заметное поглощение энергии, фиксируемое индикатором, стрелка которого резко упадет, свидетельствуя о том, что при резонансе значительная

часть энергии поглощается испытуемым контуром. Таким образом, поворотом ручки конденсатора, снабженного указателем и шкалой, в ту или иную сторону легко можно определить резонансную частоту испытуемого контура.

Как видно из принципиальной схемы, транзистор П403 включен по схеме с общей базой. Обратная связь, необходимая для возникновения генерации, подается на эмиттер транзистора T_1 с отвода от катушки индуктивности через конденсатор C_3. Смещение на базу подается посредством резистора R_1, в то же время по высокой частоте база транзистора T_1 блокируется конденсатором C_1.

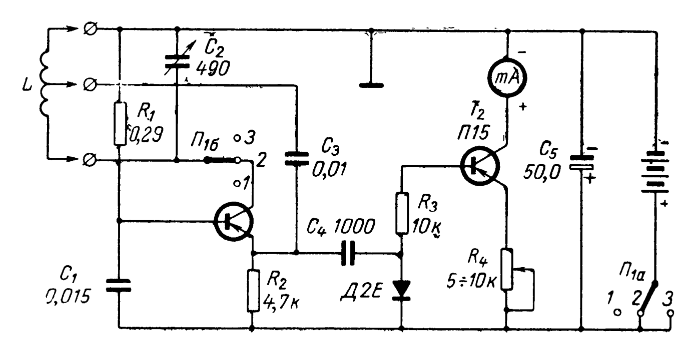


Рис. 27. Принципиальная схема гетеродинного индикатора резонанса на транзисторах.

Транзистор T_2 работает в режиме усиления, причем включен он таким образом, что при отсутствии высокочастотного сигнала ток в цепи коллектора, где включен стрелочный индикатор, почти не протекает, так как отрицательное смещение на базу транзистора T_2 не подается. Это позволяет добиться значительного отклонения стрелки индикатора только в том случае, если в цепи базы появится выпрямленный диодом $Д_1$ ток, получаемый от гетеродина. Величина усиления данного каскада, т. е. чувствительность индикатора, регулируется переменным резистором R_4, включенным в цепь эмиттера. Чтобы уменьшить шунтирующее действие на контур гетеродина входной цепи усилительного каскада T_2, последовательно с базой транзистора T_2 включен резистор R_3.

Применяемый в приборе переключатель галетного типа на три положения служит в качестве выключателя цепи и переключателя рода работ, т. е. для переключения схемы прибора при работе в качестве гетеродинного индикатора резонанса или простейшего волномера. В положении *1* цепь питания обоих транзисторов выключена, что соответствует нерабочему состоянию прибора. Когда переключатель установлен в положение *2*, оба транзистора получают питание, таким образом работают и гетеродин, и усилитель. В этом случае прибор используется как гетеродинный индикатор резонанса. Положению *3* переключателя рода работ соответствует работа прибора как волномера. В этом случае питание транзистора T_1 выключается, остается включенным только питание транзистора T_2. Если же к катушке (индуктивно) будет подведено высоко-

частотное напряжение, то прибор позволит определить частоту сигнала, подводимого к входной цепи, т. е. может быть использован как простейший волномер.

Конструкция и настройка прибора. При конструктивном исполнении прибора особое внимание следует уделять на проведение монтажных работ. Отдельные элементы, входящие в состав прибора, следует располагать с таким расчетом, чтобы высокочастотный каскад размещался в непосредственной близости к колодке для съемных катушек и переключателя рода работ, кроме того, нужно следить за тем, чтобы соединительные провода не были длинными.

Для обеспечения наиболее выгодного режима работы генератора на всех частотах необходимо очень тщательно подбирать элементы, входящие в состав генератора. Высокочастотный транзистор T_1 выбирается с коэффициентом усиления β, равным 60—80, при незначительных величинах обратного тока коллекторного перехода и начального тока коллектора. От качества транзистора в большой степени зависит способность генератора к самовозбуждению при различной величине обратной связи.

При изготовлении контурных катушек отвод от соответствующего количества витков следует подбирать с таким расчетом, чтобы обеспечить необходимую величину обратной связи, так как величина обратной связи зависит также от места отвода. Если сделать отвод от середины, то обратная связь будет наибольшей, однако это приводит также и к нежелательным последствиям, которые проявляются в том, что прибор склонен к ложным показаниям резонансной частоты. При определенном положении ручки переменного коденсатора может наблюдаться сравнительно четкий «минимум» без воздействия какого-либо испытуемого контура, т. е. в то время, когда энергия высокочастотного сигнала не поглощается другим контуром. Если же обратную связь выбрать слишком малой, то может наблюдаться срыв генерации на различных частотах, что также нежелательно. Поэтому при выборе места отвода от общего количества витков нужно руководствоваться вышеизложенными положениями. Наиболее целесообразно делать отвод в месте, соответствующем 25—35% от общего количества витков в катушке.

В предлагаемом приборе для перекрытия частоты в пределах от 0,5 до 8 *Мгц* могут быть применены катушки, намотанные на каркасы диаметром 6 *мм*, внутри которых ввинчены ферритовые стержни Катушка L_1 имеет 130 витков с отводом от 35 витка проводом ПЭЛШО 0,1 внавал, L_2 — 60 витков тем же проводом с отводом от 15 витка, L_3 — 30 витков провода ПЭЛШО 0,25 с отводом от 10 витка рядовой намоткой в два ряда, L_4 — 15 витков проводом ПЭЛШО 0,30 с отводом от 5 витка в два ряда При этом на первом поддиапазоне с катушкой L_1 обеспечивается перекрытие по частоте от 0,5 до 1,0 *Мгц*, на втором с катушкой L_2 — от 1 до 2 *Мгц*, на третьем с катушкой L_3 — от 2 до 4 *Мгц* и на четвертом с катушкой L_4 — от 4 до 8 *Мгц*. Катушки удобно крепить на колодке, а к каждому контуру для удобства подстройки следует подключить подстроечный конденсатор 10—15 *пф*.

Градуировку частотных шкал для каждого поддиапазона надо выполнить с помощью генератора стандартных сигналов при настройке прибора. При градуировке шкал к выходу генератора стандартных сигналов подключается катушка связи 5—6 витков, внутренний диаметр которой равен 6—7 *мм*. Приблизив катушку

связи к соответствующей контурной катушке ГИР, производят настройку каждого поддиапазона.

Прибор собирается в металлическом корпусе размерами 55×90×230 *мм,* на лицевой панели которого устанавливаются все органы управления, шкала и стрелочный индикатор (например, М-41 с током отклонения стрелки 1 *ма* или какой-нибудь малогабаритный индикатор с аналогичными электрическими параметрами). В верхней части (боковой) устанавливается колодка (ламповая панелька) для подключения съемных катушек. Питание прибора осуществляется от батареи типа КБС-0,5, встроенной внутри корпуса. Хорошо налаженный ГИР — безотказный в работе и может оказать большую помощь радиолюбителям при налаживании различных высокочастотных цепей радиоаппаратуры.

ТРАНЗИСТОРНЫЙ Q-МЕТР

Принцип работы и схема прибора. Промышленные измерители добротности контурных катушек, как правило, весьма сложны по конструкции и состоят из многочисленных деталей, приобретение которых в условиях радиолюбительской практики затруднительно. Для удовлетворения нужд радиолюбителей можно рекомендовать построить сравнительно простой Q-метр, предложенный венгерским радиолюбителем Т. Гидвеги.

Принцип работы такого устройства заключается в следующем. Как известно, наибольшее значение амплитуды высокочастотного напряжения на контуре можно получить в том случае, когда контур настроен в резонанс с частотой возбудителя. В том случае, если возбуждаемый последовательный контур посредством изменения величины конденсатора C будет несколько расстроен (т. е. настроен на большую или меньшую частоту по отношению к частоте генератора), то напряжение, снимаемое с конденсатора, резко упадет. Таким образом, по величине расстройки последовательного контура можно судить о величине добротности испытуемой катушки.

Величину добротности Q при данном принципе можно определить:

$$Q = \frac{\omega}{2\Delta\omega}$$

где $\Delta\omega$ — разность частоты напряжения, действующего в цепи, при которой напряжение на контуре упадет на $1/\sqrt{2}$ от значения напряжения до расстройки.

Если к конденсатору C_0 параллельно подключить еще один переменный конденсатор меньшей емкости ΔC, то изменение общей емкости вызовет соответствующую расстройку контура, по величине которой можно судить о добротности испытуемой катушки L_x, причем меньшей добротности Q соответствует большее значение ΔC, и, наоборот, большей добротности Q соответствует меньшее значение ΔC. Математически это можно записать следующим образом:

$$Q = \frac{C_0}{\Delta C}.$$

Таким образом, для определения добротности контура необходимо знать две величины, а именно: величину C_0, при которой достигается резонанс, и значение ΔC, влияющее на расстройку контура, при котором напряжение на нем упадет до $1/\sqrt{2}$ (по сравнению со значением напряжения при резонансе)

Упрощенная схема для измерения добротности показана на рис. 28. Напряжение от высокочастотного генератора подается на измерительную цепь. Возникаемое на конденсаторе (входящем в состав измерительного контура) напряжение измеряется электронным с высокоомным входом вольтметром, выполненным на транзисторах.

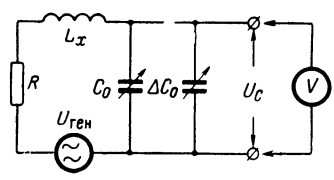


Рис. 28. Упрощенная схема для измерения добротности контура.

Принципиальная схема Q-метра приведена на рис. 29. Высокочастотный генератор выполнен на транзисторе T_1 (П403) по схеме с общей базой. Обратная связь, необходимая для возникновения генерации, осуществляется конденсатором C_3, обеспечивающим сдвиг фазы между коллектором и базой транзистора. В цепь коллектора включены переменный конденсатор C_7 и контурные катушки L_1—L_4. Переключение с одного поддиапазона на другой производится переключателем $П_1$. Высокочастотный генератор обеспечивает перекрытие частот в диапазоне от 450 *кгц* до 29 *Мгц* и разбит на следующие поддиапазоны: 0,45—1,2 *Мгц*; 1,2—3,6 *Мгц*; 3,6—10,5 *Мгц* и 10,5—29 *Мгц*.

Чтобы обеспечить генерацию на данных частотах, необходимо подобрать контурные катушки, которые должны обладать следующими параметрами: L_1 — 287 *мкгн*; L_2 — 47 *мкгн*; L_3 — 16 *мкгн*; L_4 — 5,8 *мкгн*. Для безотказной работы генератора конструкцию катушек необходимо разработать так, чтобы их добротность была по возможности большей.

Высокочастотный сигнал снимается с эмиттера транзистора T_1 и через разделительный конденсатор C_8 подается на базу транзистора T_2, который служит для усиления сигнала высокой частоты. Усилитель высокой частоты включен по схеме с общим эмиттером и выполнен на транзисторе П403. Наличие в цепи коллектора сравнительно невысокого сопротивления обусловлено тем, чтобы на резисторе R_6 получить сравнительно большой ток, необходимый для питания измерительной цепи. Таким образом, данный усилитель по существу является усилителем тока. Регулировка усиления высокочастотного сигнала, подаваемого на измерительную цепь, осуществляется потенциометром R_5, который регулирует ток базы транзистора, работающего в режиме усиления.

В состав измерительной цепи входит конденсатор настройки C_{10}, шкала которого градуируется в единицах емкости (*пф*) при минимальной емкости конденсатора C_{11} (ΔC), последовательно с которым включается C_{12}. Это позволяет более плавно выполнять подстройку и облегчает отсчет при измерениях. Кроме того, в измерительной цепи имеется емкостный делитель (C_{13}, C_{14}), роль которого заключается в том, чтобы уменьшить нагрузку на контур, создаваемую входным сопротивлением электронного вольтметра. Чтобы до минимума свести шунтирующее действие вольтметра,

нужно стремиться выбрать такой вариант измерителя напряжения, входное сопротивление которого достаточно велико.

Для увеличения входного сопротивления измерителя напряжения первый каскад транзисторного вольтметра выполнен по схеме с общим коллектором на транзисторе П402. Выделенный в цепи эмиттера усиленный высокочастотный сигнал через конденсатор C_{16} подводится к детектору, состоящему из двух высокочастотных диодов типа Д2Е. Детектором это напряжение выпрямляется, после чего подается на усилитель тока, собранный по схеме с общим

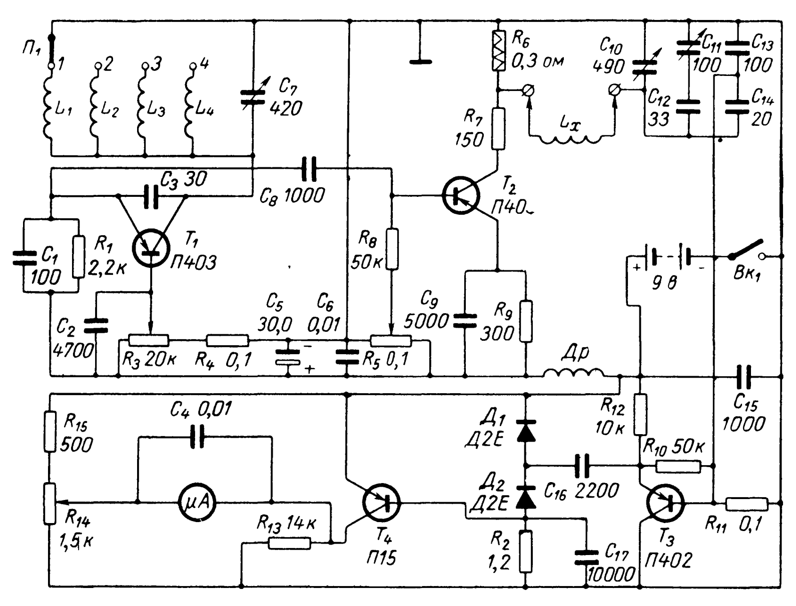


Рис. 29. Принципиальная схема транзисторного Q-метра.

эмиттером (T_4). В качестве T_4 может быть применен любой низкочастотный транзистор (П14, П15, П16 и др.). В коллекторной цепи транзистора T_4 включен стрелочный индикатор (М-94 или малогабаритный М-4204), полное отклонение стрелки которого достигается при токе 100 *мка* Установка нуля вольтметра обеспечивается потенциометром R_{14}. Простая схема вольтметра здесь выбрана потому, что требования к точности измерений невысокие.

Калибровка вольтметра выполняется следующим образом. К базе транзистора T_3 (П402) подается высокочастотный сигнал от какого-либо генератора стандартных сигналов частотой 1 *Мгц*. Амплитуда этого сигнала устанавливается такой величины, при которой стрелка индикатора отклоняется до предельного значения шкалы индикатора. После этого подаваемое на вход Q-метра напряжение уменьшается на 0,71 и отмечается точка на шкале прибора, соответствующая значению уменьшенного напряжения. В дальнейшем этой меткой будем пользоваться при измерениях. На этом, собственно, и закончена калибровка вольтметра. Естественно,

прежде чем приступить к калибровке, нужно убедиться в исправности всех элементов, входящих в состав прибора, включить питание и установить «0» шкалы вольтметра (при помощи потенциометра R_{14}).

Настройка прибора и конструкция. Генератор высокой частоты необходимо настраивать при помощи генератора стандартных сигналов или гетеродинного индикатора резонанса фабричного изготовления. Методика проведения настроечных работ приведена в описании генератора ВЧ сигналов на транзисторах.

Шкалы переменных конденсаторов $C_{10}(C_0)$ и ΔC (состоящие из C_{11} и C_{12}) градуируются каждая в отдельности. Сначала градуировка шкалы C_0 в пикофарадах, а затем шкала конденсатора ΔC. При градуировке шкалы ΔC указатель конденсатора C_0 устанавливается в одно из положений, например 100. При повороте ручки конденсатора C_{11} наносятся деления ΔC в пикофарадах.

Это, пожалуй, наиболее кропотливая работа, однако при наличии измерительных средств она может быть выполнена с необходимой точностью.

Прибор собирается в небольшом металлическом корпусе, габаритные размеры которого в основном определяются размерами шкал и измерительного стрелочного индикатора, так как остальные элементы, входящие в состав прибора, малогабаритные Возможный вариант конструкции показан на рис. 30. На лицевую панель выводятся все основные органы управления, здесь же установлен стрелочный индикатор и шкалы настройки генератора. Шкала настройки контура сопряжена с осью конденсатора $C_{10}(C_0)$, шкала ΔC сопряжена с осью конденсатора C_{11}. Для большей вместительности шкала конденсатора C_7 установлена на общей оси с конденсатором C_{10} и соединена с осью конденсатора C_7 посредством вернерного устройства. При конструктивном исполнении прибора необходимо стремиться сосредоточить в одном месте все элементы, входящие в состав генератора высокочастотных колебаний. Потенциометры регулировки усиления R_5 и установки нуля вольтметра R_{14} расположены вблизи этих каскадов, а их оси выведены на лицевую панель. Потенциометр R_3 служит для установки рабочей точки высокочастотного транзистора T_1 при настройке прибора, поэтому устанавливается внутри корпуса Питание прибора осуществляется от двух батарей типа КБС-0,5, включенных последовательно и установленных внутри корпуса.

Правила измерений. Работать с прибором необходимо в следующей последовательности. Включить питание прибора. К входным зажимам «L_x» подсоединить испытуемую катушку (контур), добротность которой необходимо измерить С помощью ручки конденсатора $C_{10}(C_0)$ устанавливаем ту величину емкости, при которой желаем измерить величину добротности катушки. Установив ручку регулятора усиления (R_5) в среднее положение, переключателем $П_1$ и конденсатором настройки C_7 изменяем частоту высокочастотного генератора до получения резонанса. Наступление резонанса будет фиксироваться индикатором, стрелка которого резко отклонится. Нужно учитывать возможность настройки на какую-либо из гармоник. При этом также вызывается отклонение стрелки, но на меньший угол При резонансной частоте индикатор покажет наибольшее напряжение при самом незначительном усилении. Начать измерения необходимо при полностью выведенных пластинах конденсатора C_{11}, когда $\Delta C=0$ При достижении резо-

нансной частоты поворотом ручки потенциометра R_5 добиваемся такого усиления сигнала, при котором стрелка индикатора полностью отклонится.

Затем плавным поворотом ручки конденсатора C_7 расстраиваем генератор в сторону высших частот до тех пор, пока стрелка индикатора не отклонится до отметки 0,71. После этого постепенно увеличиваем емкость конденсатора C_{11}. При этом сначала наблюдается увеличение сигнала, и стрелка индикатора вновь возвратится в конечное значение; при дальнейшем вращении ручки конденсатора нужно добиться такого положения, когда стрелка индикатора опять установится на деление 0,71 По ранее откалиброванной

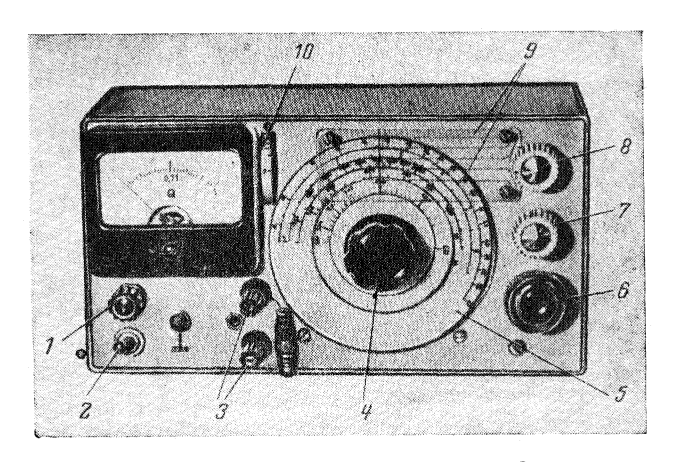


Рис. 30. Внешний вид транзисторного Q-метра

1 — «нуль» вольтметра; *2* — выключатель питания; *3* — входные зажимы L_x; *4* — ручка конденсатора C_{10}; *5* — шкала генератора ВЧ (C_7); *6* — настройка генератора ВЧ (C_7); *7* — регулятор усиления (R_8); *8* — переключатель поддиапазонов ($П_1$); *9* — шкалы поддиапазонов генератора ВЧ (I—IV); *10* — шкала расстройки измерительной цепи (C_{11}).

шкале конденсатора отсчитывается величина ΔC. Зная эти значения, т. е. C_{10} и C_{11}, легко определить величину добротности контура, воспользовавшись формулой

$$Q = \frac{2C_0}{\Delta C},$$

где C_0 — емкость конденсатора C_{10} (для удобства ее значение берется равным 50, 100, 200 *пф* и т. д.), а ΔC — емкость конденсатора C_{11}.

Методика косвенных измерений добротности настолько проста, что не представляет особых трудностей при работе с прибором.

Так как в состав прибора входит высокочастотный генератор, прокалиброванный по частоте, прибор с успехом может быть использован для настройки высокочастотных цепей в радиоаппарату-

ре как генератор немодулированного сигнала. Кроме того, он может быть применен для выполнения целого ряда измерений и испытаний, встречающихся в радиолюбительской практике.

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЕМКОСТЕЙ И СОПРОТИВЛЕНИЙ

Назначение и характеристики прибора. Прибором можно измерять сопротивления (от 10 *ом* до 10 *Мом*) и емкости (от 10 *пф* до 10 *мкф*). Питание прибора осуществляется от одной батареи типа КБС-0,5 напряжением 4,5 *в*. Потребляемый ток не превышает 8—10 *ма*. Изготовление описываемого ниже RC-метра можно рекомендовать как начинающим, так и подготовленным радиолюбителям.

Схема и принцип работы прибора. Принципиальная схема прибора приведена на рис. 31. Прибор включает в себя генератор, из-

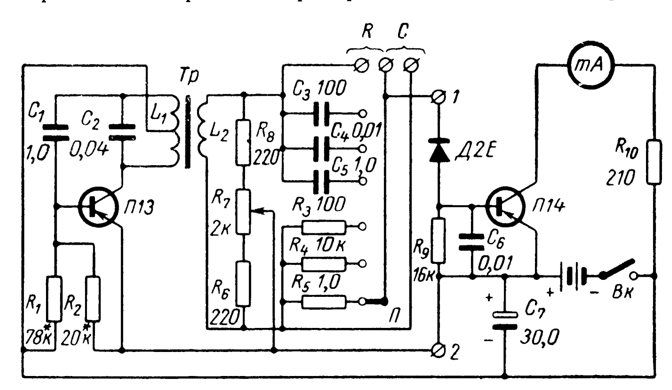


Рис. 31. Принципиальная схема прибора для измерения емкостей и сопротивлений.

мерительный мост, детектор, усилитель и стрелочный индикатор. Измерительный мост состоит из потенциометра R_7, резисторов R_3—R_5 с подобранными сопротивлениями, конденсаторов C_3—C_5 с тщательно подобранными емкостями сопротивлений R_6, R_8 и переключателя пределов измерения.

Для измерения сопротивлений мост можно питать как постоянным, так и переменным напряжением, а для измерения емкостей — только переменным напряжением. Для упрощения схемы прибора принято питание моста переменным напряжением.

На рис. 32 приведены схемы, поясняющие принцип измерения сопротивлений и емкостей. Измеряемое сопротивление R_x (рис. 32,*а*) включено в одно из плеч измерительного моста. В одну диагональ моста в качестве нуль-индикатора включен телефон *Тл*, а в другую — источник переменного напряжения *E*. Поворачивая ручку потенциометра *R*, добиваются равновесия моста, которое достигается при отсутствии звука в телефоне. При этом

$$R''R_x = R'R_1 \text{ и } R_x = \frac{R'R_1}{R''}.$$

Снабдив потенциометр шкалой и проградуировав ее в единицах сопротивления, можно использовать схему для измерения сопротивления. Принцип измерения емкостей аналогичен.

Генератор, питающий измерительный мост, выполнен по трехточечной схеме на транзисторе П13, включенном по схеме с общим эмиттером. Такой генератор прост в настройке, самовозбуждение его достигается при сравнительно низких напряжениях питания, а изменение э. д. с. питающей батареи незначительно влияет на частоту и амплитуду выходного напряжения. Правильно собранный генератор работает сразу после включения. Выходное напряжение снимается со вторичной обмотки трансформатора *Тр*. Частота генерируемых колебаний зависит от емкости конденсатора C_2 и индуктивности катушки L_1, образующих колебательный контур. Частота колебаний выбрана примерно 400—600 *гц*, с тем чтобы можно было измерять небольшие емкости.

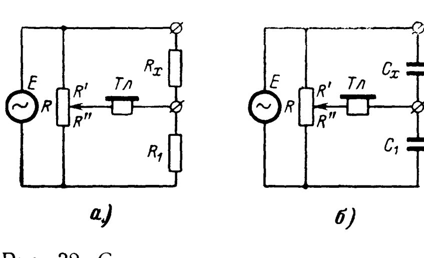


Рис. 32. Схемы, поясняющие принципы измерения сопротивлений (*а*) и емкостей (*б*).

Конструкция и настройка прибора. В качестве переключателя пределов измерений и рода работ можно использовать любой переключатель на шесть положений.

Стрелочный индикатор можно применить любого типа с током полного отклонения 1—5 *ма*. Наиболее удобно использовать для этой цели малогабаритный индикатор М61. Усилитель постоянного тока собран на транзисторе П14. Необходимо подобрать такой транзистор, начальный ток коллектора которого был бы небольшим, а коэффициент усиления по току 30—60. В качестве детектора может быть применен любой диод, например Д2Б или Д2Е. Сопротивление резистора R_{10} выбирается с таким расчетом, чтобы исключить возможность чрезмерной перегрузки индикатора при значительной величине входного сигнала.

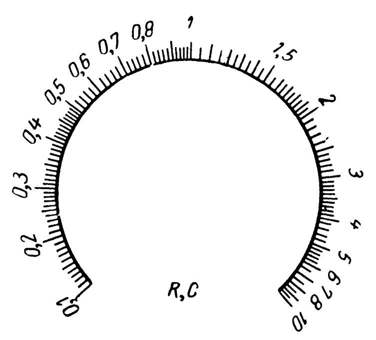


Рис. 33. Шкала прибора.

Чтобы обеспечить достаточную точность измерений, нужно подобрать сопротивления резисторов R_3, R_4, R_5 и емкостей конденсаторов C_3, C_4, C_5 с погрешностью $\pm 1\%$. Потенциометр R_7 лучше всего применить проволочный с линейной характеристикой. Желательно, чтобы витки его были намотаны по возможности плотнее, а сопротивление каждого отдельного витка было возможно меньшим. С помощью такого потенциометра удается более точно балансировать схему моста. Сопротивление потенциометра может быть

выбрано в пределах от 500 *ом* до 5 *ком*. Однако для более рационального использования шкалы прибора последовательно с потенциометром в оба плеча включают резисторы R_6 и R_8, сопротивление которых подбирается в зависимости от сопротивления потенциометра. Поэтому при замене потенциометра следует заменить также резисторы R_6 и R_8, величина сопротивлений которых выбирается в соответствии с выражением

$$R_6 = R_8 = \frac{R_7}{9}.$$

Шкалу прибора можно изготовить, воспользовавшись магазином эталонных сопротивлений или сфотографировав шкалу, изображенную на рис. 33.

Измерительный мост питается переменным напряжением, поэтому нет необходимости в применении индикатора с нулем посредине. При разбалансе моста в любую сторону на вход усилителя поступает переменное напряжение, которое после выпрямления и усиления вызывает отклонение стрелки индикатора только в одну сторону.

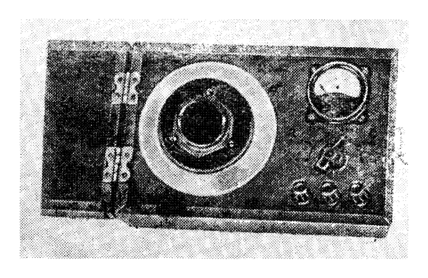


Рис. 34. Внешний вид прибора для измерения емкостей и сопротивлений.

Прибор следует поместить в закрывающемся корпусе, что создает удобства при транспортировке и предохраняет индикатор и другие элементы прибора от повреждения (рис. 34). Все элементы управления следует вывести на переднюю панель.

В трансформаторе *Тр* использован сердечник от малогабаритного трансформатора, применяемого в карманных приемниках. Обмотка L_1 содержит 600 витков провода ПЭЛ 0,1 с отводом от 430-го витка, а обмотка L_2 — 450 витков провода ПЭЛ 0,2.

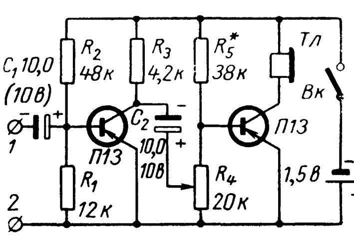


Рис. 35. Схема усилителя для использования головных телефонов в качестве индикатора.

Правила измерений. Работают с прибором в следующей последовательности. Конденсатор или резистор подключают к соответствующим зажимам прибора и переключателем устанавливают примерный поддиапазон измерения. После этого включают питание усилителя и, поворачивая ручку потенциометра R_7, снабженного шкалой, добиваются минимального показания стрелочного индикатора. Это положение соответствует равновесию моста. Сопротивления отсчитывают по отградуированной шкале с умножением на постоянный коэффициент в зависимости от положения переключателя.

При отсутствии стрелочного индикатора вместо него можно применить головные телефоны. Для этого вместо усилителя с индикатором следует изготовить небольшой усилитель на транзисторах и подсоединить его к зажимам *1* и *2*, а на его выход подключить телефон. Схема такого усилителя приведена на рис. 35.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СИГНАЛ-ИНДИКАТОР

Назначение прибора. Большую помощь радиолюбителю при ремонте радиоаппаратуры может оказать универсальный сигнал-индикатор, схема которого приведена на рис. 36

С помощью этого прибора можно следить за прохождением сигнала в высоко- и низкочастотных цепях радиоприемников и

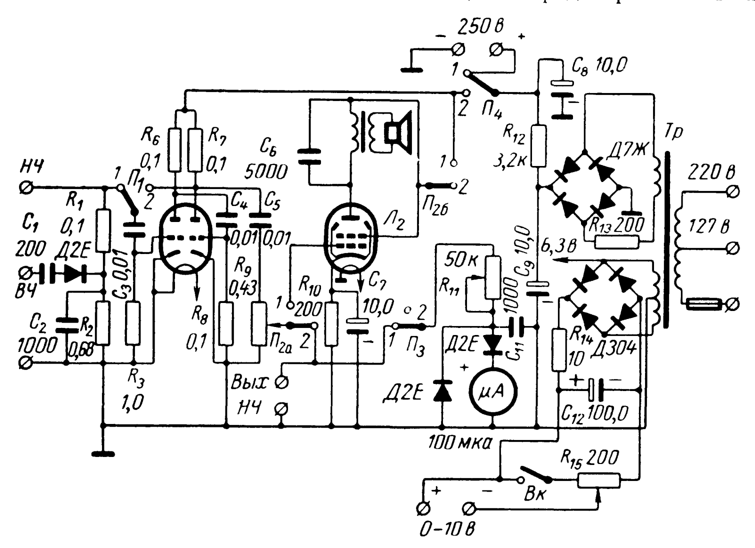


Рис 36. Принципиальная схема универсального сигнал-индикатора.

производить их покаскадную проверку. Кроме того, прибор может служить как индикатор при настройке приемников, налаживании генераторов, а также его можно использовать в качестве звукового генератора при налаживании усилителей низкой частоты.

Прибор можно использовать и для изучения в школьном радиокружке азбуки Морзе, так как при наличии дополнительной ступени усиления низкой частоты можно получить сигнал достаточной громкости, чтобы питать сразу несколько головных телефонов или громкоговоритель.

Схема и принцип работы прибора. В состав прибора входят усилитель (на лампах 6Н2П и 6П14П) и индикатор. Усилитель питается от выпрямителя, собранного на диодах Д7Ж по мостовой схеме. Для использования прибора в качестве индикатора сигнала при исследовании высокочастотных цепей радиоприемников в уси-

лителе предусмотрено специальное входное устройство, в состав которого входят конденсатор C_1 и диод типа Д2Е Низкочастотный сигнал подается непосредственно на сетку левой половины лампы $Л_1$ через конденсатор C_3

Особенностью прибора является то, что его можно из высокочастотного и низкочастотного сигнал-индикатора легко превратить в звуковой генератор и получить на его выходе напряжение низкой частоты. Это напряжение можно регулировать с помощью переменного резистора R_9, что позволяет покаскадно налаживать усилители низкой частоты В режим генерации прибор включается переключателем $П_1$, в качестве которого можно использовать тумблер. При использовании прибора для изучения азбуки Морзе телеграфный ключ надо подключить к соответствующим зажимам с таким расчетом, чтобы при нажатии на него получалось короткое замыкание между выходными зажимами усилителя низкой частоты и анодом левого триода лампы $Л_1$. При работе прибора как звукового генератора стрелочный индикатор надо отключить, поставив переключатель $П_3$ в положение *2*. Сигнал генератора низкой частоты подведен к выходным зажимам через переменный резистор R_9

В качестве стрелочного индикатора можно использовать микроамперметр чувствительностью 50—200 *мка* (например, типов М592, М4204, М49 и др.), который вместе с переменным резистором R_{11} и выпрямительной системой, собранной на диодах типа Д2Е, служит для контроля величины сигнала. Если микроамперметра нет, то для контроля уровня сигнала можно использовать электронный индикатор, собранный на лампе типа 6Е5С.

Для изготовления прибора годится любой трансформатор от радиоприемника или усилителя, имеющий первичную обмотку, рассчитанную на включение в сеть напряжения 127 и 220 *в*, и две вторичные обмотки. Напряжение на повышающей обмотке должно быть не менее 230—250 *в*, а ток 90—120 *ма*, на накальной обмотке — 6,3 *в* при токе 3—4 *а* Для изготовления низковольтного выпрямителя надо к накальной обмотке домотать некоторое количество витков, чтобы поднять напряжение до 10—12 *в*.

Естественно, мощность, потребляемая схемой, весьма незначительна, и анодные и накальные цепи не будут перегружены (для изготовления прибора можно было бы использовать трансформатор с меньшей мощностью). Однако, имея в виду то обстоятельство, что выпрямитель может быть использован при налаживании и ремонте радиоустройств, потребляющих большие мощности, при выборе трансформатора надо взять тот, который мог бы обеспечить указанные значения токов и напряжений. Выпрямитель для питания анодных цепей собран по мостовой схеме на четырех диодах типа Д304 (Д7Ж), резистор R_{13} служит для уменьшения броска тока в момент заряда конденсатора C_9 и тем самым предохраняет диоды от выхода из строя. Фильтр собран по П-образной схеме на конденсаторах C_8, C_9 и резисторе R_{12}. Мощность, рассеиваемая на этом резисторе, при использовании выпрямителя для питания аппаратуры может достигать значительной величины, поэтому надо применить резистор соответствующей мощности.

Низковольтный выпрямитель собран по мостовой схеме на диодах типа Д7Б. Для сглаживания пульсаций применен Г-образный фильтр, состоящий из резистора R_{14} и конденсатора C_{12} Этот выпрямитель позволяет питать различные устройства на транзисто-

рах от сети переменного тока, а также заряжать аккумуляторы малой емкости.

Конструкция и настройка прибора. Прибор помещен в корпус, на переднюю панель которого выведены основные органы управления, стрелочный или электронный индикатор и входные и выходные зажимы. Размеры корпуса определяются размерами деталей и узлов, входящих в состав прибора.

Настройка прибора не представляет трудностей Сначала надо проверить правильность монтажа и установить нормальный режим работы усилителя низкой частоты. Чтобы убедиться в исправности детекторной системы, надо включить в ее цепь прибор, а высоко-

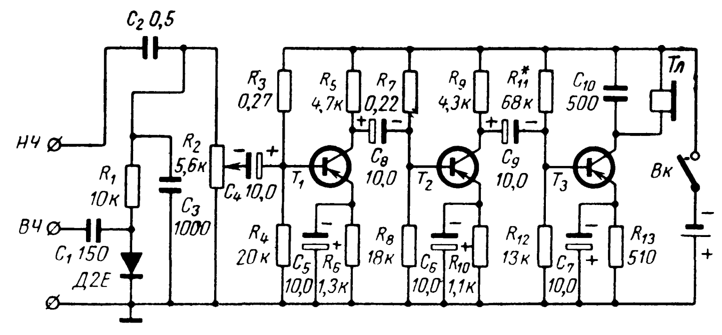


Рис. 37. Принципиальная схема транзисторного сигнал-индикатора.

частотный щуп подключить к высокочастотному каскаду какого-нибудь приемника и проследить за прохождением сигнала. Индикатор выхода градуировать не обязательно, так как сигнал фиксируется в условных значениях. Изменяя сопротивление добавочного резистора R_{11}, добиваются такого положения, чтобы чувствительность индикатора была достаточной и отклонение стрелки на всю шкалу достигалось при подаче на вход усилителя сигнала 5—10 *мкв*.

Правила измерений. Методика работы с прибором сводится к следующему. Для выявления неисправного каскада радиоприемника входные зажимы индикатора подключают к шасси приемника, а щуп — к входным контурам и, если сигнал проходит, постепенно исследуют высокочастотные цепи приемника, имея при этом в виду, что по мере возрастания величины усиливаемого приемником сигнала чувствительность прибора надо снижать переменным резистором R_9. Каскад, через который сигнал дальше не проходит, следует исследовать более детально, чтобы установить причину неисправности.

За прохождением сигнала можно следить визуально, по стрелке индикатора или на слух, используя подключаемый к прибору дополнительный усилитель, на выходе которого включен громкоговоритель.

При настройке усилителя низкой частоты щуп подключается к исследуемой цепи, при этом переключатель $П_1$ надо поставить в положение *2*, а напряжение низкой частоты снять с зажимов *Выход НЧ*. При использовании прибора для питания радиоаппара-

туры напряжение питания усилителя надо отключить, для чего переключатель $П_4$ поставить в положение *1*.

Другой вариант схемы прибора. Аналогичный прибор можно собрать и на транзисторах. Принципиальная схема такого прибора изображена на рис. 37. Он представляет собой обычный низкочастотный усилитель на трех транзисторах. Прибор имеет достаточную чувствительность, чтобы с его помощью можно было исследовать какие-либо каскады приемника или усилителя Как и в предыдущем приборе, в нем предусмотрена возможность подключения как высокочастотных, так и низкочастотных сигналов. Го-

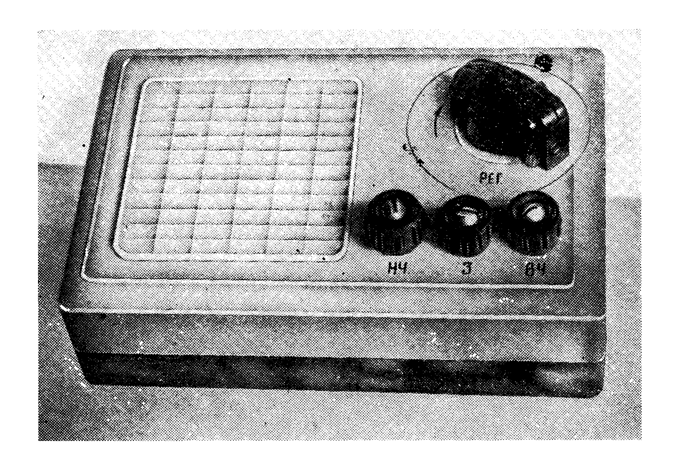


Рис. 38. Внешний вид транзисторного сигнал-индикатора.

ловные телефоны, включенные на выходе сигнал-индикатора, служат звуковым индикатором при прохождении сигнала.

Прибор можно поместить в корпус (рис. 38) от карманного приемника, внутреннюю поверхность которого надо экранировать металлической фольгой для предотвращения наводок. На передней панели прибора укреплены входные зажимы и гнезда для подключения головных телефонов (возможен вариант прибора с использованием миниатюрного громкоговорителя или капсюля ДЭМ-4М). В качестве выключателя питания можно использовать выключатель, сопряженный с переменным резистором R_2, с помощью которого можно регулировать величину усиления усилителя. Прибор питается от трех гальванических элементов типа 1,3-ФМЦ-0,25, соединенных последовательно.

ИНДИКАТОР НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Назначение прибора. С помощью индикатора напряженности электромагнитного поля можно проводить в высокочастотных цепях различные виды измерений Им можно измерять частоту из-

лучения генератора, проверять работу гетеродина, измерять уровень ВЧ колебаний при изготовлении и настройке радиостанции. Кроме того, прибор может служить индикатором напряженности электромагнитного поля, и с его помощью можно ориентировать телевизионную антенну при ее установке.

Схема и принцип действия прибора. Принципиальная схема такого индикатора приведена на рис. 39. Основными ее элементами являются колебательный контур, переключатель рода работ, диод, транзистор и индикатор. В данном исполнении прибора применены диод типа Д2Е и транзистор типа П14.

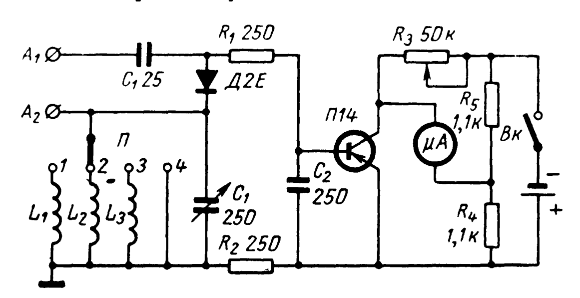


Рис. 39. Индикатор напряженности электромагнитного поля.

Если индикатор находится вблизи источника высокочастотных колебаний, например настроенного в резонанс контура, через диод на базу транзистора поступит детектированный сигнал, что вызовет изменение тока коллектора. Стрелочный индикатор, включенный в диагональ моста, фиксирует это изменение. Отклонение стрелки тем больше, чем интенсивнее сигнал на входе индикатора.

Прибор можно использовать также для ориентации телевизионных антенн. При этом переключатель $П_1$ надо поставить в положение *4*, а телевизионную антенну подключить к зажимам A_1, A_2.

Прибор питается от одного элемента типа 1,3-ФМЦ-0,25.

Конструкция прибора. Контурные катушки должны иметь высокую добротность, чтобы обеспечить хорошую избирательность при настройке на разные частоты. Стрелочный индикатор можно использовать с чувствительностью 200 *мка* — 1 *ма*, однако следует иметь в виду, что при использовании более грубого индикатора чувствительность прибора будет невысокой. Катушка L_1 имеет 200 витков провода ПЭЛШО 0,12, намотанных на каркасе диаметром 20 *мм*, L_2 — 84 витка провода ПЭЛШО 0,25, диаметр каркаса 10 *мм*; L_3 — 16 витков провода ПЭ 0,8, диаметр каркаса 15 *мм*. В каркасах катушек должны иметься ферритовые сердечники, с помощью которых можно настраивать контуры. Схема прибора смонтирована внутри небольшого пластмассового корпуса, на переднюю панель которого выведены ручки управления и укреплен индикатор. Прибор удобно настраивать, используя генератор стандартных сигналов, для чего сигнал от него подается на вход прибора, и шкала индикатора градуируется на всех поддиапазонах.

В случае необходимости частотный диапазон прибора можно расширить, использовав дополнительные контуры. При этом надо

использовать переключатель *П* с соответствующим количеством положений. Прибор, естественно, не может быть отнесен к точным измерительным устройствам, однако из-за простоты своей может быть рекомендован для начинающих радиолюбителей

ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОРОТКОЗАМКНУТЫХ ВИТКОВ В КАТУШКАХ

Назначение прибора. При изготовлении различных катушек и обмоток трансформаторов очень важно точно установить, что они исправны и пригодны для использования по назначению. Кроме проверки на наличие обрыва, надо также проверить катушку на отсутствие внутри нее короткозамкнутых витков. Проверить наличие короткого замыкания внутри обмотки с помощью омметра без предварительной ее разборки невозможно. Поэтому для выявления такого дефекта лучше воспользоваться простым приспособлением, схема которого приведена на рис. 40.

С помощью этого прибора можно определить наличие короткозамкнутых витков внутри катушек индуктивности или обмоток небольших трансформаторов, внутренний диаметр которых не превышает 35 *мм*. В некоторых случаях прибором удается определить короткозамкнутые витки и в катушках большего диаметра. Следует заметить, что прибор можно приспособить для проверки катушек различных размеров, для этого только надо предусмотреть применение сменных катушек, намотанных на стержни соответствующего диаметра.

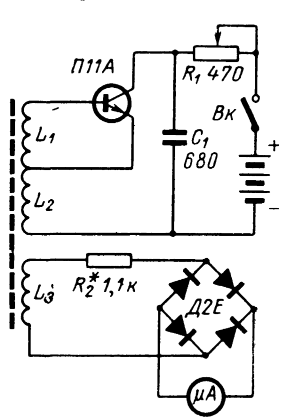


Рис. 40. Принципиальная схема прибора для определения короткозамкнутых витков с питанием от батареи.

Схема и принцип работы прибора. Прибор собран на транзисторе, что позволило сделать его малогабаритным и весьма удобным в эксплуатации. Генератор ВЧ колебаний собран на транзисторе типа П11А, однако можно применить и любой другой транзистор, имеющий такие же параметры. В случае использования транзисторов типа *р-п-р* полярность подключения генератора к системе питания надо изменить на обратную. Питается прибор от батареи типа КБС-0,5. Катушки индуктивности L_1—L_3 намотаны на ферритовый стержень и имеют следующие данные: L_1 содержит 110 витков провода ПЭЛ 0,15; L_2 — 210 витков провода ПЭЛ 0,15; L_3 — 55 витков провода ПЭЛ 0,12—0,17. При сборке прибора катушки надо установить так, чтобы часть ферритового стержня (35—50 *мм*) находилась над верхней частью корпуса прибора, так как на эту часть стержня при проверке надевают испытуемую катушку.

В основу работы прибора положен принцип поглощения энергии колебаний, наводимых высокочастотным генератором в катушке L_3 при установке на стержень катушки, имеющей короткозамкнутые витки. Изменение наводимой э. д. с. фиксируется индикатором,

с помощью которого можно установить наличие брака в катушке. В приборе можно применить любой микроамперметр магнитоэлектрической системы с током полного отклонения 50—100 *мка*. Наиболее хорошо для этой цели подходят приборы типов М4204, М494, М49 (последний тип прибора можно рекомендовать в том случае, когда размеры прибора не критичны, например при эксплуатации прибора в стационарных условиях).

Сопротивление добавочного резистора R_2 следует подбирать опытным путем при налаживании прибора в зависимости от чув-

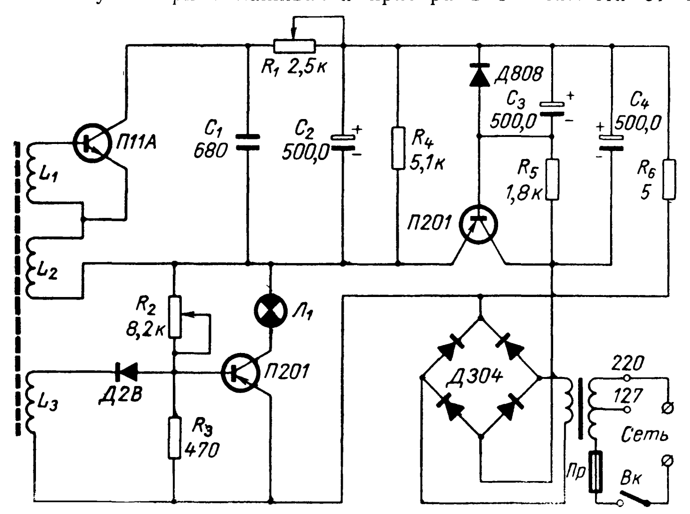


Рис. 41. Схема прибора с питанием от сети.

ствительности примененного индикатора. Необходимо обратить внимание на то, чтобы при отсутствии на ферритовом стержне испытуемой катушки угол отклонения стрелки индикатора был бы не менее $^3/_4$ всей шкалы Это позволит четко следить за изменением показаний индикатора в случае, когда на стержень надета бракованная катушка.

Вариант прибора с питанием от сети. Для разбраковки катушек в производственных условиях можно применить более простой прибор, в котором вместо стрелочного индикатора использована лампочка накаливания. Схема такого устройства изображена на рис. 41. Лампочка (6,3 *в*, 0,1 *а*) включена в коллекторную цепь транзисторного усилителя. Режим работы транзисторов устанавливается посредством резисторов R_1 и R_2.

Следует иметь в виду, что если при настройке прибора обнаружится отсутствие генерации, то надо поменять концы катушки L_1 или L_2. О наличии генерации можно судить по отклонению стрелки прибора или по яркости свечения лампочки.

Прибор прост в изготовлении, выполнен из стандартных деталей. Для второго прибора необходимо изготовить выпрямитель. Для этого можно использовать любой маломощный трансформатор питания, со вторичной обмотки которого можно снять 12—15 *в*.

Режим работы и выходное напряжение стабилизатора, в состав которого входят диод Д808 и транзистор П201, устанавливаются с помощью резистора R_5.

ТРАССОИСКАТЕЛЬ НА ТРАНЗИСТОРАХ

Несложные конструкции, изготовленные радиолюбителями, с успехом могут применяться и в производственной практике как в цеховых условиях, так и для производственного контроля К числу таких относятся и предлагаемые устройства, описания которых приведены ниже.

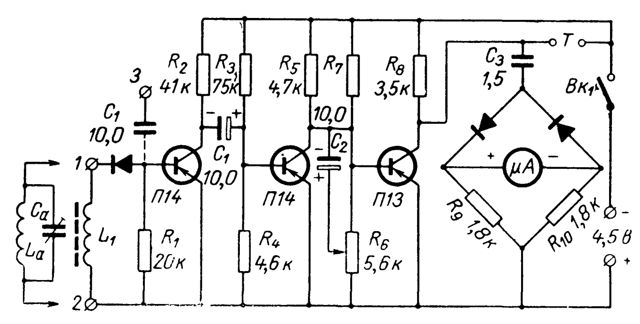


Рис. 42. Принципиальная схема трассоискателя.

Принцип работы трассоискателя основан на явлении возникновения магнитного поля вокруг проводника, по которому течет электрический ток. Это поле пропорционально величине тока, т е. чем больше ток, тем интенсивнее поле Схема прибора изображена на рис. 42. В качестве индикатора можно использовать стрелочный прибор или телефон. Измерительный прибор фиксирует изменение величины переменной составляющей коллекторного тока, тем самым позволяя судить о напряженности электромагнитного поля вдоль исследуемого участка. В приборе предусмотрено включение головных телефонов. Чувствительность усилителя регулируется переменным резистором R_6. Ток, потребляемый прибором, не превышает 6—8 *ма*.

На вход усилителя включается датчик искателя, состоящий из ферритового стержня, на который намотано 18—20 тыс. витков провода ПЭЛ 0,1. Стержень закреплен на конце алюминиевой трубки, а провода от катушки пропущены сквозь трубку и присоединены к зажимам *1*, *2*.

Методика отыскания трассы подземного кабеля, или определение места короткого замыкания, сводится к следующему. При включении прибора, если он находится вблизи места, где проложен кабель, стрелка индикатора отклонится, а в телефонах будет слышен фон переменного тока. При отклонении от трассы на 0,3—0,4 *м* стрелка индикатора возвратится в исходное состояние, и фон в наушниках пропадет.

При эксплуатации прибора надо помнить, что ферритовый стержень должен быть в вертикальном положении по отношению к направлению пролегания кабеля. При параллельном расположении

ферритового стержня наблюдается острый минимум, а при вертикальном расположении — острый максимум, вызывающий наибольшее отклонение стрелки прибора.

При коротком замыкании в кабеле в том месте, где оно произошло, прибор будет показывать одинаковую напряженность поля при любом расположении стержня. При удалении от этого места электромагнитного поля не будет, так как тока в цепи нет. Этим способом можно весьма точно определять место повреждения силового кабеля.

Необходимо отметить, что при наличии высоковольтных воздушных линий или вблизи от исправных кабелей, по которым течет ток, для определения трассы исследуемого кабеля надо отключить проходящие рядом кабели или питать исследуемый кабель напряжением с частотой, сильно отличающейся от промышленной частоты. Практически используют частоту, лежащую в пределах 300—600 *гц*, которую можно получить от генератора звуковой частоты, напряжение которого усиливается при помощи усилителя НЧ с выходной мощностью 100 *вт*. Для избежания ложных показаний индикатора, который отмечал бы напряженности поля мешающих линий, его отключают и отыскивают место повреждения на слух сравнением громкости гудения в головных телефонах.

Прибор можно использовать для определения трасс линий радиотрансляции, а при некотором навыке — и для отыскания мест повреждений не слишком высоко подвешенных воздушных линий электропередачи и скрытых проводок внутри зданий. В этом случае число витков на ферритовом стержне можно уменьшить на 3—5 тысяч.

При отсутствии стрелочного индикатора прибор может работать при всех видах измерений только с помощью наушников. Корпусом прибора служит пластмассовая коробка размерами 120×80×40 *мм*, внутри которой находятся все элементы схемы, а на лицевой панели укреплены выходные зажимы и зажимы для подсоединения головных телефонов, выключатель питания и регулятор чувствительности.

Питается прибор от батареи типа КБС-0,6 напряжением 4,5 *в*. Можно вместо этой батареи использовать три элемента типа 1,3-ФМЦ-0,25, включенные последовательно. В этом случае размеры корпуса прибора можно несколько уменьшить.

Прибор можно использовать в качестве индикатора сигнала при проверке и ремонте высокочастотных цепей в приемниках, а подсоединив к входным зажимам *1* и *2* колебательный контур, настроенный на местную станцию, прибор можно использовать в качестве приемного устройства (радиоточки).

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ВЛАГОМЕР НА ТРАНЗИСТОРАХ

В деревообрабатывающей промышленности, особенно на предприятиях, изготовляющих музыкальные инструменты, мебель, имеется постоянная необходимость измерять влажность древесины. Описываемый прибор, схема которого изображена на рис. 43, выполнен на транзисторах, что позволило сделать его размеры малыми. Влагомер представляет собой переносное устройство, что немаловажно при его эксплуатации. Так как прибор питается от батарей, его можно использовать там, где это необходимо, независимо от наличия электросети, например в складских помещениях,

в сушилке при разбраковке пиломатериалов по влажности и т. д. Прибор прост по конструкции и в эксплуатации, поэтому с ним могут работать лица, не имеющие какой-либо специальной подготовки.

Принцип работы прибора основан на явлении разбаланса моста при воздействии на контур влажной породы. В состав моста входят два транзистора. Один из них работает в режиме генерации, а второй — в статическом режиме. В диагональ моста, состоящего из транзисторов T_1, T_2 и резисторов R_4, R_5, R_9, включен стрелочный индикатор, благодаря которому можно наблюдать величину разбаланса моста при измерениях влажности. При воздействии на контур

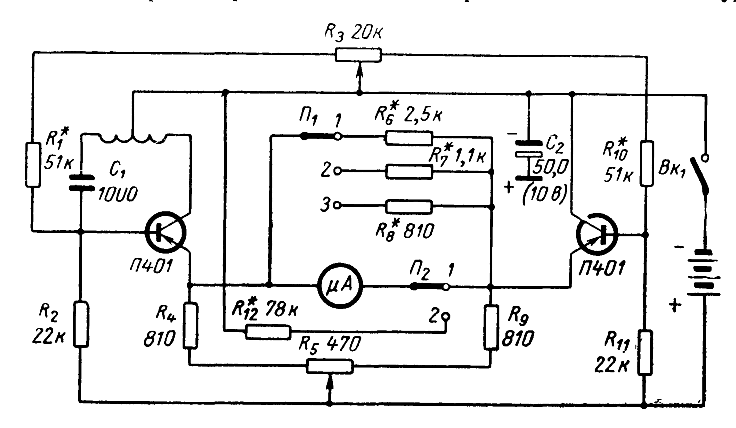


Рис. 43. Принципиальная схема влагомера.

влажной породы его добротность изменяется, что приводит к изменению режима работа транзистора и перераспределению токов в цепях моста. Изменение тока в цепи транзистора T_1 приводит к разбалансу мостовой схемы, что фиксируется прибором, включенным в эмиттерные цепи обоих транзисторов.

При изготовлении прибора некоторые элементы схемы надо будет подобрать опытным путем. В первую очередь это относится к подбору сопротивлений шунтов R_6 — R_8, которые следует подгонять индивидуально, в зависимости от применяемого индикатора, а также от пределов и видов измерений.

После выбора пределов измерений при настройке прибора надо составить специальные графики и обобщить их в виде небольшой переводной шкалы. Это необходимо для того, чтобы можно было пересчитать показания индикатора в величину влажности (в процентах) на различных пределах измерений и для различных материалов. Так как этот метод является комбинированным методом электрического измерения неэлектрической величины, такой перерасчет делать необходимо, тем более, что прибор может применяться для измерения влажности различных древесных пород, а их влияние на добротность контура не одинаково. Кроме того, зависимость изменения добротности также нелинейна. Все это приводит к тому, что для многопредельного влагомера нельзя использовать какую-нибудь одну стандартную шкалу. В некоторых случаях при

необходимости создания индикатора для разбраковки какого-то одного сорта дерева прибор можно снабдить шкалой с непосредственным отсчетом или применить двухцветную шкалу типа «годен — брак».

При составлении графиков надо воспользоваться фабричным влагомером достаточной точности, приняв его за образцовый.

Перед измерениями прибор следует откалибровать, для чего прибор нужно поднять и, не касаясь датчика руками, производить калибровку с помощью переменного резистора R_3, ручка которого совмещена с выключателем питания. Установить стрелку прибора на нуль, тем самым уравновесить мост. После этого прибор прило-

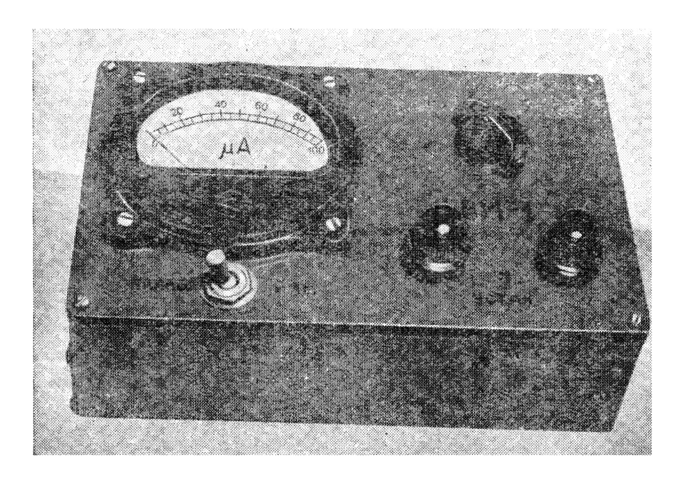


Рис. 44. Внешний вид влагомера.

жить к измеряемому материалу тыльной стороной, у которой установлен датчик (катушка L_1), и снять отсчет. Показание прибора определяется по градуировочному графику.

Прибор собран из стандартных деталей и не содержит каких-либо сложных в изготовлении узлов. В качестве индикатора можно применить любой микроамперметр магнитоэлектрической системы с током полного отклонения 50—250 *мка*, например М494. Стрелочный индикатор следует выбирать в зависимости от требований, предъявляемых к прибору, т. е. степени точности и размеров прибора. Прибор монтируется в небольшом металлическом или пластмассовом корпусе, на лицевую панель которого выведены все ручки управления и установлен стрелочный индикатор. В нижней части корпуса установлен датчик. Переключатель рода работ можно применить любого типа на два-три положения в зависимости от количества пределов измерения. Катушка L_1 намотана на гетинаксовой пластинке 82×40 *мм*, толщина пластинки должна быть не менее 5—7 *мм*. Для намотки использован провод ПЭЛ 0,9—1,0 *мм*. Число витков катушки 68 с отводом от 27-го витка. Контур устанавливается в отверстие необходимой величины, вырезанное в задней стен-

ке прибора, после чего его прикрывают тонкой (0,1—0,25 *мм*) пластмассовой пластинкой.

В приборе предусмотрен дополнительный переключатель, с помощью которого индикатор подключается к источнику питания. Внешний вид прибора показан на рис. 44 (переменный резистор R_5 служит для дополнительной калибровки прибора).

Несмотря на то, что прибор не обладает высоким классом точности, его все же можно применять для производственного контроля при разбраковке древесины. Влагомер прост в эксплуатации, а простота его конструкции позволяет изготовить этот прибор даже тому, кто имеет самые общие представления в области электротехники.

При измерении влажности тонких досок и фанеры (5—50 *мм*) прибор устанавливают с одной стороны, а при измерении влажности более толстых досок замеры делают с обеих сторон и вычисляют среднее значение.

ПРАКТИЧЕСКИЕ СОВЕТЫ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

С целью обеспечения надежности работы измерительных приборов, а также достижения необходимой точности их показаний при изготовлении того или иного устройства необходимо тщательно выполнять монтажные работы.

Для приборов следует применять только высококачественные детали, предварительно их проверяя перед установкой в схему. Необходимо помнить, что к прибору предъявляются довольно высокие требования, поэтому при выборе номиналов резисторов и конденсаторов, входящих в его состав, необходимо следить, чтобы они были подобраны с достаточной точностью. Нельзя допускать замены одних элементов другими, номинальные значения которых отличаются от указанных в схеме. Если такая замена, например в радиоприемнике, не окажет существенного влияния на его работу, то в измерительном приборе это приводит к значительным погрешностям при измерениях, а зачастую к полной его неработоспособности.

Прежде чем приступить к конструированию какого-либо измерительного прибора, надо хорошо разобраться в схеме, уточнить назначение прибора и область его применения. Естественно желание иметь универсальный прибор, так как это создает большие удобства при различных видах измерений, однако начинающим радиолюбителям не следует увлекаться излишней универсальностью. Такое усложнение прибора может привести к положению, когда неопытный радиолюбитель не сумеет довести дело до конца. Удобнее всего построить сначала простой прибор, надежность работы которого будет гарантирована.

Немаловажную роль играет и внешнее оформление прибора, корпус которого не только украшает его, но и является конструктивным каркасом, предохраняющим установленные в нем детали от механических повреждений. При выборе ящика для прибора все эти требования надо иметь в виду. Все элементы управления следует располагать на лицевой панели с таким расчетом, чтобы внешний вид прибора соответствовал требованиям технической эстетики, а коммутация была наиболее удобной.

Приборы, на работе которых могут сказаться воздействия электрических и магнитных полей, а также приборы, сами являющиеся излучателями высокочастотных колебаний, следует помещать в металлические каркасы, а при отсутствии таковых необходимо производить экранировку внутри ящика с помощью фольги. Для изготовления корпусов для авометров-испытателей транзисторов наиболее подходят различные виды пластмасс, для генераторов высокочастотных колебаний, индикаторов напряженности поля следует применять листовую сталь толщиной 0,7—1,0 *мм* с целью предохранения прибора от воздействия электромагнитных полей, а также исключения возможности возникновения паразитных связей.

Малогабаритный прибор весьма удобен в работе, но делать его надо с учетом всех требований по обеспечению правильного выполнения монтажных работ, расположения элементов и узлов. При этом следует иметь в виду, что миниатюризация не всегда оправданна, так как излишне плотный монтаж весьма часто является причиной плохой работы прибора и может существенно затруднять его ремонт. Выбирая ту или иную конструкцию для изготовления, надо взвесить все эти обстоятельства, чтобы найти правильное решение. Прибор следует собирать весьма тщательно, все соединения должны быть надежными, поскольку плохой контакт в месте пайки приводит к ошибкам в показаниях прибора.

О выборе измерительных головок уже упоминалось ранее, здесь только следует отметить, что для авометров и высокоомных вольтметров следует подбирать такие головки, полное отклонение стрелки которых происходит при токе 50—200 *мка*. Для различного рода индикаторов можно применять более грубые измерители чувствительностью 1—5 *ма*.

Большинство описанных в этой книге приборов создано на базе одного стрелочного индикатора, который при соответствующей коммутации дает возможность производить измерения напряжений, токов, сопротивлений и коэффициента усиления транзисторов. Для обеспечения возможности непосредственного отсчета необходимо изготовить большое количество шкал, наличие которых создает значительные удобства при измерениях.

Градуировку вольтметров, миллиамперметров, а также проверку режима работы отдельных каскадов того или иного устройства удобно производить с помощью установки, описанной на 34 стр. этой книги.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балашов М. М. Измерительные приборы радиолюбителя, изд-во «Энергия», 1965.
2. Грибанов Ю. И. Измерение напряжений в высокоомных цепях, Госэнергоиздат, 1961.
3. Дудич И. И. Измерительные устройства для радиолюбителей, изд-во «Энергия», 1967.
4. Дудич И. И. Самодельные радиоэлектронные устройства, Ужгород, изд-во «Карпаты», 1969.
5. Лавриненко В. Ю. Справочник по полупроводниковым приборам, Киев, изд-во «Техника», 1966.
6. Меерсон А. М. Радиоизмерительная техника, Госэнергоиздат, 1957.
7. Гидвеш Т. Транзисторный Q-метр, Будапешт, «Радиотехника», 1967, № 12; 1968, № 1.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Дудич Иван Иванович

Простые измерительные приборы

Редактор *А. С. Еременко*

Обложка художника *А. М. Кувшинникова*

Технический редактор *Л. Н. Кузнецова* Корректор *А. К. Улегова*

Сдано в набор 23/X 1969 г. Подписано к печати 1/IX 1970 г. Т-12562
Формат 84×108[1]/[32] Бумага типографская № 2
Усл. печ. **л.** 3,78 Уч.-изд. л. 5,23
Тираж 50 000 экз. Цена 21 коп. Зак. 2509

Издательство „Энергия". Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Шлюзовая наб., 10.

Цена 21 коп.